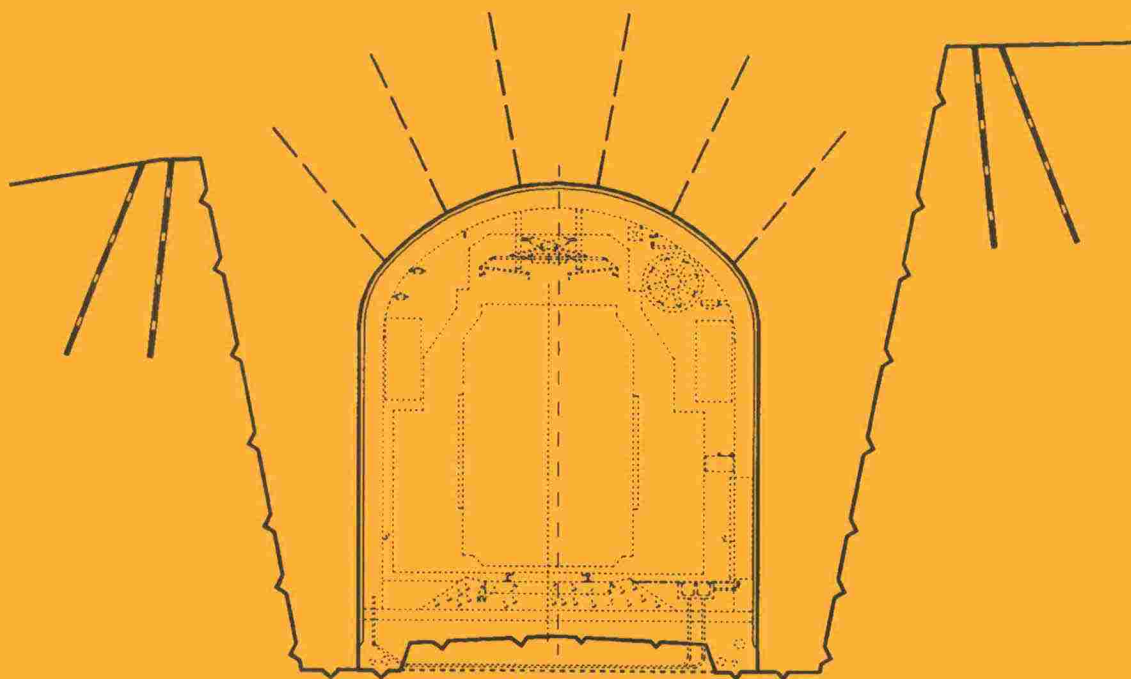


RAUTATEIDEN MAARAKENNUSTÖIDEN YLEISET TYÖSELITYKSET JA LAATUVAATIMUKSET (RMYTL)

OSA 6 KALLIORAKENNUSTYÖT



26.8.2010

5312/033/2010

RMYTL:n osien 1–6 ja 8 poistuminen käytöstä

Infrarakenteiden yleiset laatuvaatimukset InfraRYL2010-julkaisu sisältää radan maa-, pohja- ja kalliorakenteiden sekä päällysrakenteiden yleiset laatuvaatimukset.

InfraRYL2010 korvaa Ratahallintokeskuksen julkaisut Rautatien maarakennustöiden yleinen työselitys ja laatuvaatimukset (RMYTL) alla mainitut osat ja ne poistuvat käytöstä.

	RHK:n julkaisu	Dnro
1 Yleinen osa	D 7	1564/731/00
2 Alustavat työt	D 6	100/731/00
3 Perustamis- ja vahvistamistyöt	D 4	1050/731/99
4 Kuivatustyöt	D 3	410/731/99
5 Maaleikkaus- ja pengerrystyöt	D 5	1427/731/99
6 Kalliorakennustyöt	D 1	939/731/98
8 Alitukset	D 9	1334/731/01

Tekninen johtaja



Markku Nummelin

**RAUTATEIDEN MAARAKENNUSTÖIDEN YLEISET
TYÖSELITYKSET JA LAATUVAATIMUKSET
(RMYTL)**

RHK
RATAHALLINTOKESKUS
KAIVOKATU 6, PL 185
00101 HELSINKI

PUH. 09-5840 5111
FAX 09-5840 5100
SÄHKÖPOSTI: info@rhk.fi

ISBN 952-445-009-7
ISSN 1456-1220

11.6.1998

**RAUTATEIDEN MAARAKENNUSTÖIDEN YLEISET TYÖSELITYKSET JA
LAATUVAATIMUKSET (RMYTL)**

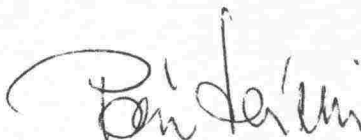
**Ratahallintokeskuksen tekninen yksikkö on hyväksynyt RMYTL:n
osan 6 Kalliorakennustyöt**

Teknisen yksikön päällikkö



Markku Nummelin

ylitarkastaja



Pasi Leimi

**Korvaa RMYT:n kohdat 9145, 9147, 9148 (Rautatiehallitus 26.04.1976).
RMYT:n osa 916 "Murskaustyöt" (Rautatiehallitus 26.04.1976) ja RAMO:n kohta
11.2 (Rautatiehallitus 78-04) poistetaan.
Voimassa 30.6.1998 lukien.**

SISÄLLYSLUETTELO

6.1	YLEISET VAATIMUKSET JA OHJEET	4
6.11	Soveltamisalue	4
6.12	Noudatettavat asiakirjat	4
6.13	Geotekniset tutkimukset ja selvitykset	4
6.14	Ympäristövaikutukset ja vastuurajat	5
6.15	Katselmukset ja tiedotusvelvoitteet	5
6.16	Suojaamistoimenpiteet	6
6.17	Ympäristön tarkkailujärjestelmät	6
6.171	<i>Pohja- ja orsivesihallinta</i>	6
6.172	<i>Vuotovesimäärän mittaaminen</i>	7
6.173	<i>Ympäristön siirtymämittaukset</i>	7
6.174	<i>Louhintatärinän mittaaminen</i>	9
6.18	Työmaan yleisjärjestelyt	9
6.19	Työnaikaiset tutkimukset ja kalliomekaaniset mittaukset	10
6.191	<i>Työnaikainen rakennusgeologinen kalliokartoitus</i>	10
6.192	<i>Kalliomekaaniset mittaukset</i>	11
6.193	<i>Radonpitoisuus</i>	11
6.194	<i>Vuotoveden analysointi</i>	11
6.195	<i>Saastuneiden maa-ainesten tutkimus ja käsittely</i>	12
6.2	MAANSIIRTOTYÖT	13
6.21	Purkutyöt ja raivaaminen	13
6.22	Maankaivu	13
6.23	Työnaikaiset tukiseinät	13
6.24	Kalliopintojen puhdistaminen louhintaa varten	14
6.25	Kaivumaiden omistussuhteet ja käyttö	14
6.3	LOUHINTATYÖT	15
6.31	Yleistä	15
6.32	Mittaukset	15
6.321	<i>Yleistä</i>	15
6.322	<i>Louhintatyöhön liittyvät mittaukset</i>	16
6.323	<i>Louhintatuloksen tarkemittaukset</i>	16
6.324	<i>Pohjapintojen tarkemittaukset</i>	18
6.33	Tarkkuusvaatimukset ja ylilouhintakorvaukset	19
6.331	<i>Louhinnan tarkkuusvaatimukset</i>	19
6.332	<i>Ylilouhintakorvaukset</i>	20
6.34	Louhintatyön suunnittelu	21
6.341	<i>Yleistä</i>	21
6.342	<i>Louhintakaaviot</i>	21
6.343	<i>Heikkousvyöhykkeet ja rikkonainen kallio</i>	22
6.35	Avolouhinnat	22
6.351	<i>Avolouhinta yleensä</i>	22
6.352	<i>Avolouhinnan erikoiskohdat</i>	23

6.36	Tunnelilouhinnat	24
6.361	Tunneliavaukset	24
6.362	Tunnelilouhinnat	25
6.363	Tunnelilouhinnan erikoiskohdat	25
6.364	Tunnelilouhinnan maksuluokat	25
6.37	Pohjalouhinnat	26
6.38	Kalliopintojen rusnaus ja peseminen	26
6.39	Louhintamassojen omistussuhteet ja käsittelyt	27
6.4	KALLION LUJITUS- JA TIIVISTÄMISTYÖT	28
6.41	Yleistä	28
6.42	Työolosuhdevaatimukset	28
6.43	Lujituspulttitukset	29
6.431	Yleistä	29
6.432	Väliaikaiset lujituspultit	29
6.433	Jännittämättömät harjateräspultit	29
6.434	Jännitetyt tanko- ja punosankkurit	31
6.435	Erikoispultit	31
6.436	Pulttustöiden dokumentointi	31
6.44	Kallion tiivistäminen injektoimalla	31
6.441	Yleistä	31
6.442	Tunnustelureiät	32
6.443	Vesimenekkimittaukset	33
6.444	Injektointiaineet	33
6.445	Injektointikalustot	33
6.446	Injektointikaaviot ja reikien poraaminen	34
6.447	Injektointityö	34
6.448	Injektoinnin laadunvalvonta	35
6.449	Injektointitöiden kirjaaminen	35
6.45	Ruiskubetonointi	35
6.451	Yleistä	35
6.452	Louhintatyön aikainen ruiskubetonointi	36
6.453	Ruiskubetonin ainesosat ja lisäaineiden käyttö	37
6.454	Täyttöruiskubetoni	38
6.455	Ruiskubetonin salaojitus ja jäätymissuojaukset	38
6.456	Ruiskubetonin rakennetyypit ja raudoitukset	39
6.457	Ruiskubetonointityö ja jälkihoito	39
6.458	Ruiskubetonointi lämmöneristeen päälle	40
6.459	Laadunvalvonta ja kelpoisuuden toteaminen	40
6.46	Muut kallionlujitustyöt	43
6.5	POHJAPINTOJEN KÄSITTELYT	44
6.51	Käsittelyvaihe	44
6.52	Rakenteiden perustamistasot ja tukeutumispinnat	44
6.53	Betonoitavat kalliopohjat	44
6.54	Tasattavat louhintapohjat	45
6.55	Siirtymärakenteet	46

6.56	Tyypipoikkileikkaukset	46
6.6	MUUT KALLIORAKENNUSVAIHEEN TYÖT	47
6.61	Suurreikäporaukset	47
6.62	Tilaaajalle luovutettavat väliaikaisrakenteet	47
6.63	Kalliorakennusvaiheessa tehtävät rakennustekniset työt	47
6.7	KELPOISUUSKIRJA	47

6.1 YLEISET VAATIMUKSET JA OHJEET

6.11 Soveltamisalue

Tätä RMYTL:n osaa 6 "Kalliorakennustyöt" noudatetaan radalla ja rautatiealueella suoritettavissa kalliorakennustöissä niiltä osin kuin työkohtaisissa suunnitelmissa ei kalliorakennustöiden suorittamista, laatua ja laaduntarkkailua ole tarkemmin tai toisin kuvattu. Urakkasopimukseen liitetty työkohtaiset suunnitelma-asiakirjat menevät pätemisjärjestyksessä tämän asiakirjan edelle. Töiden sisältö ja laajuus määritellään aina työkohtaisissa kalliorakennussuunnitelmissa.

6.12 Noudatettavat asiakirjat

Kalliorakennustöissä noudatetaan seuraavia asiakirjoja:

Yleiset asiakirjat

Lait, asetukset, valtioneuvoston ja ministeriöiden päätökset, Suomen rakentamismääräyskokoelma RakMk /7/, kunnallinen järjestyssääntö sekä työkohtaisissa suunnitelmissa mainitut yleiset työselitykset ja laatuvaatimukset, normit, standardit ja julkaisut. RMYTL:n muut osat ja niissä mainitut normit, standardit ja julkaisut /1 - 5/. Ratatekniset määräykset ja ohjeet RAMO /6/.

Työkohtaiset asiakirjat

Työkohtaiset asiakirjat ja niiden pätemisjärjestys määritellään urakkasopimuksessa. Tämän asiakirjan pätemisjärjestys on kohdan 6.1 mukainen.

Turvallisuusasiakirjat

Edellä mainittujen asiakirjojen lisäksi noudatetaan Ratahallintokeskuksen junaliikenteeseen ja sähkörataympäristöön liittyviä turvallisuusasiakirjoja, jotka on lueteltu RMYTL:n osassa 1 "Yleinen osa" /1/.

6.13 Geotekniset tutkimukset ja selvitykset

Suunnittelua ja urakkasopimusta varten tehdyt geotekniset tutkimukset ja selvitykset määritellään urakkasopimuksessa ja muissa työkohtaisissa asiakirjoissa. Tutkimustuloksia ja niihin pohjautuvia suunnitelma-asiakirjoja verrataan työn etenemisen mukaan todellisiin geoteknisiin (maaperä, kallioperä, pohjavesi, orsivesi) olosuhteisiin. Jos todelliset olosuhteet poikkeavat tutkimustuloksista ja/tai suunnitelma-asiakirjoista on siitä välittömästi ilmoitettava tilaajalle ja asiantuntijavalvojalle. Tilaaja, asiantuntijavalvoja ja urakoitsija sopivat yhdessä miten havaitut poikkeamat otetaan huomioon. Urakoitsijan on viivytyksittä tehtävä ne toimenpiteet, jotka ovat tarpeen välittömien vahinkojen torjumiseksi.

6.14 Ympäristövaikutukset ja vastuurajat

Työkohteesta mahdollisesti laadittu ympäristövaikutusten arviointi (YVA) ja kalliorakennustöiden riskianalyysi liitetään ohjeellisina urakkasopimukseen. Urakoitsijan tulee tarkistaa niissä annetut tiedot ennen töiden aloitusta ja jatkuvasti seurata ympäristössä tapahtuvia muutoksia. Urakoitsijan tulee tiedottaa muutoksista tilaajalle ja ottaa muutokset huomioon työsuorituksissaan. Vastuurajat määritellään työkohtaisissa asiakirjoissa.

Työmaaliikenteen ympäristövaikutukset otetaan huomioon työkohtaisten ja työn aikana laadittavien asiakirjojen mukaan.

Juna- ja vaihtotyöliikenne sekä sähkörataympäristö otetaan huomioon työkohtaisten asiakirjojen sekä RMYTL:n osan 1 "Yleinen osa" /1/ mukaan.

6.15 Katselmukset ja tiedotusvelvoitteet

Urakka-alueen ja sen lähiympäristön kiinteistöjä, rakenteita ja laitteita koskevat katselmukset suoritetaan sekä ennen louhintatyön aloittamista että niiden päätyttyä. Katselmoitaviin kohteisiin tulee sisällyttää myös louhinnan vaikutusalueella sijaitsevat kalliotilat sekä maanalaiset rakenteet ja laitteet. Jos katselmoitaviin kohteisiin sisältyy tiloja tai rakenteita, joihin ei ole pääsyä, sovitaan menettelytavoista kohteen omistajan kanssa.

Katselmusajankohdat ja katselmoitavien alueiden laajuudet määrittää urakoitsija ja esittää näitä koskevan työaikatauluun sidotun suunnitelman tilaajan ja ympäristöviranomaisen hyväksyttäväksi. Minimalue on riskianalyysiin sisällytetty alue.

Täydentäviä katselmuksia suoritetaan myös työn aikana jos ympäristössä havaitaan vaurioita tai haittoja, jotka ovat voineet aiheutua urakkaan sisältyvistä töistä.

Urakoitsija kustantaa katselmukset ja ne suorittaa molempien osapuolien hyväksymä puolueeton katselmusmies. Urakoitsija esittää katselmusmiehen tilaajan hyväksyttäväksi. Katselmuspöytäkirjat allekirjoittavat urakoitsija, katselmusmies ja kunkin kohteen omistaja. Allekirjoitetut pöytäkirjat jaetaan niiden allekirjoittajille ja tilaajalle. Katselmuspöytäkirjojen tietoja täydennetään tarpeen ja mahdollisuuksien mukaan valokuvaamalla, videokuvaamalla (esimerkiksi viemärit) ja piirustuksilla.

Urakoitsija tiedottaa kirjallisesti lähialueen kiinteistöjen isännöitsijöille tai omistajille louhintatyön suorittamisesta. Tiedotukseen tulee sisältyä yrityksen ja työn vastuuhenkilöiden yhteystiedot, työn kokonaisaikataulu, päivittäinen työaika ja ennakoarvio räjäytysten kelloajoista. Tiedotus uusitaan, jos ilmoitetut tiedot muuttuvat.

6.16 Suojaamistoimenpiteet

Ympäristön suojaaminen

Ympäristön kiinteistöjen, rakenteiden ja laitteiden suojaamistoimenpiteet määritellään työkohtaisissa asiakirjoissa. Urakoitsijan on sovittava toimenpiteiden suorittamisesta ja ajankohdista omistajien tai heidän edustajiensa kanssa. Aikataulussa on otettava huomioon väliaikaisten suojarakenteiden rakentaminen sekä pysyvät lujitus- ja vahvistamistyöt. Kaikki väliaikaiset rakenteet on poistettava välittömästi tarpeen päätyttyä ja olosuhteet saatettava suunnitelmissa esitetyn ja katselmusvaiheessa sovitun mukaisiksi.

Kiven heitto ja sinkoutuminen

Kiven heitto ja sinkoutuminen on estettävä yleisten räjäytys- ja louhintatöitä koskevien asiakirjojen ja työkohtaisten suunnitelmien mukaan.

Pölyn leviämisen estäminen

Pölyn leviäminen on estettävä käyttämällä porauksessa pölynerottimia tai vesihuuh-telua. Kaivutöissä, kalliopintojen puhdistamisessa ja louheen käsittelyssä syntyvää pölyämistä on vähennettävä tarpeen ja mahdollisuuksien mukaan kastelemalla.

Ratarakenteiden ja laitteiden suojaaminen

Jos suunnitelmat on laadittu siten, että irrotettavaa kalliomassaa joudutaan räjäytyk-sessä purkamaan tai on mahdollista, että se purkautuu rata- tai muille rakenteille, suojataan ja tuetaan rakenteet kohdekohtaisten suunnitelmien ja asiakirjaluettelossa ilmoitettujen muiden asiakirjojen mukaan. Urakoitsijan laadittaviksi määrättyt suojaus- ja tuentasuunnitelmat ja niihin liittyvä aikataulu on hyväksyttävä tilaajalla etukäteen. Suojaukset ja väliaikaistuennat poistetaan ja asennetaan uudelleen raidevarausten mukaan.

6.17 Ympäristön tarkkailujärjestelmät

6.171 *Pohja- ja orsivesihallinta*

Louhintatyön vaikutusalueelle asennetut ja/tai urakoitsijan asennettavaksi määrättyt pohja- ja orsivesiputket esitetään työkohtaisissa suunnitelmissa. Urakoitsijan asennettaviksi määrättyjen putkien tulee olla pysyvään käyttöön tarkoitettuja ja ne luovutetaan työn päättyessä asianmukaisessa kunnossa tilaajalle tai hänen määrää-mälleen. Tilaaja luovuttaa aiemmin asennettujen putkien havaintotiedot urakoitsijalle viimeistään työn alkaessa.

Urakoitsija suorittaa vesipintojen korkeusasemien mittaukset työkohtaisissa suunnitelmissa esitetyn mukaan ja vastaa putkien toimintakuntoisuudesta työn ajan. Mittaustulokset toimitetaan tilaajalle ja ao. kunnalliselle viranomaiselle työmaakokousväleittäin.

Normaalista vaihteluista poikkeavista vesipintojen muutoksista tulee ilmoittaa viivytyksettä tilaajalle ja kohteen asiantuntijavalvojalle sekä kunnalliselle viranomaiselle. Urakoitsijan tulee ryhtyä välittömiin toimenpiteisiin, jos työstä johtuva pohjavesipinnan aleneminen aiheuttaa vaaraa tai haittaa ympäristölle. Toimenpiteinä tulevat kysymykseen kaivantojen ja kalliotilojen tiivistäminen sekä korvausveden imeyttäminen maaperään työkohtaisten suunnitelmien mukaan.

Työnaikaiset ja/tai pysyvät pohjaveden alentamiset ja niiden suoritustavat sekä ajoitukset esitetään työkohtaisessa suunnitelmassa.

6.172 Vuotovesimäärän mittaaminen

Suurin sallittu paikallinen vuotovesivirtaama (l/min/100-tunnelimetriä) ja sallittu kalliotilojen ja/tai sen osa-alueen kokonaisvuotovesivirtaama (l/min) ilmoitetaan työkohtaisessa suunnitelmassa. Virtaaman mittaamista varten kalliotiloihin rakennetaan mittapatoja ja lisäksi seurataan ulos pumpattavaa kokonaisvirtaamaa työkohtaisissa suunnitelmissa ilmoitetussa laajuudessa. Tunnelisuuaukoilta sisään tuleva sadevesi erotetaan tarvittaessa omilla mittapadoillaan. Mittaamiset on ajoitettava siten, että työvedet (poraus, kastelut, pesut) eivät aiheuta mittausvirhettä. Tilanne on tasaantunut varmimmin juuri ennen työviikon ensimmäisen työvuoron alkua.

Vuotovesivirtaamaraportti on esitettävä kirjallisesti työmaakokousväleittäin. Mittaustuloksia käytetään tiivistystöiden onnistumisen seuraamisessa ja niiden perusteella määrätään mahdollisesti tarvittavat täydentävät tiivistystoimenpiteet.

Merkittävistä paikallisista vuodoista tulee ilmoittaa viivytyksettä tilaajalle ja asiantuntijavalvojalle. Työ on välittömästi keskeytettävä ja ryhdyttävä tiivistystoimenpiteisiin, jos vuoto voi aiheuttaa pohja- tai orsiveden alenemista haitallisessa määrin.

6.173 Ympäristön siirtymämittaukset

Ympäristön kiinteistöihin ja rakenteisiin asennetaan työkohtaisissa suunnitelmissa määrätty mittauspisteet, joiden siirtymiä mittaamalla voidaan todeta työn aikana mahdollisesti tapahtuvat painumat ja siirtymät. Mittauspisteet on asennettava mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta ainakin ensimmäiset havainnot saadaan ennen kuin mahdollisia siirtymiä aiheuttavat työvaiheet aloitetaan.

Urakoitsijan mittausvelvollisuuteen sisältyvät myös aiemmin asennetut mittauspisteet, joiden havaintotiedot tilaaja luovuttaa urakoitsijalle työn alkaessa.

Mittaustulokset toimitetaan kirjallisina tilaajalle ja asiantuntijavalvojalle sitä mukaa kuin ne valmistuvat ja yhteenveto mittauksista esitetään jokaisessa työmaakokouksessa. Urakoitsija on velvollinen välittömästi ilmoittamaan tilaajalle ja asiantuntijavalvojalle, jos mittauksissa havaitaan ennakkoarvioista poikkeavia tuloksia.

6.174 Louhintatärinän mittaaminen

Urakoitsija suorittaa kustannuksellaan louhintatärinän mittaukset ja sopii mittauskohteiden omistajien kanssa mittauksen suorittamisesta. Mittaukset on annettava asiantuntevan mittajaan hoidettaviksi. Mittaaja ja työn vastuuhenkilö on hyväksyttävä tilaajalla. Tärinämittauksen suorittaja raportoi suoraan tilaajalle.

Ympäristön riskianalyysissä on arvioitu laitteiden ja rakenteiden tärinänkestävyyttä ja esitetty suosituksia toimenpiteiksi tärinähaittojen ja -vaurioiden välttämiseksi. Riskianalyysissä ja sen viiteasiakirjoissa annetut raja-arvot ovat suosituksia, joiden noudattaminen ei vapauta urakoitsijaa tärinähaitta- ja vauriovastuusta lukuun ottamatta julkaisussa "Louhintatöiden sallitut tärinäarvot sähköistetyllä radalla" /8/ annettuja ratateknisten laitteiden tärinärajoja.

Urakoitsija laatii ja hyväksyttää tilaajalla louhintatyön etenemiseen sidotun tärinämittaussuunnitelman. Suunnitelmasta tulee käydä ilmi mittauspisteiden paikat, mitattava suure pistekohtaisesti ja mittarityyppi. Samanaikaisten mittauspisteiden lukumäärän tulee vastata kussakin louhintavaiheessa esiintyvää todellista tarvetta.

Tärinämittauslaitteista tulee vaadittaessa esittää kirjalliset tarkastustodistukset. Mittauslaitteiden tulee rekisteröidä riskianalyysissä annettuja suuria suoraan. Mittarivirhe saa olla enintään 5%. Tärinämittarit on luettava välittömästi jokaisen räjäytyksen jälkeen. Tulokset kirjataan räjäytyspäiväkirjaan.

Tärinäraporttien sisällöstä annetaan ohjeet riskianalyysissä. Raportit toimitetaan työnvalvojalle päivittäin ja raportteja koskeva yhteenveto esitetään jokaisessa työmaakokouksessa.

Tilaajalla on oikeus milloin tahansa käydä mittauspisteissä lukemassa tärinäarvoja ja saada haltuunsa alkuperäiset taltioidut.

Urakoitsijan tulee räjäytysten suunnittelussa ottaa huomioon tärinämittaustulokset. Tilaajalla on oikeus ilman eri korvausta vaatia urakoitsijaa muuttamaan louhintatapoja, jos riskianalyysissä esitetyt louhintatärinän raja-arvot ylitetään.

6.18 Työmaan yleisjärjestelyt

Tukialueet

Urakoitsijan käyttöön työn ajaksi luovutettavat tukialueet ja niiden käyttöehdot esitetään työkohtaisissa asiakirjoissa. Urakoitsija vastaa tukialueiden kunnossapidosta työn aikana ja palauttaa tukialueet työn päättyessä alkutilannetta vastaavaan tai työkohtaisten asiakirjojen edellyttämään kuntoon.

Työmaatiet

Urakoitsijan käyttöön luovutettavat ja urakoitsijan rakennettaviksi määrätty työmaatiet esitetään työkohtaisissa asiakirjoissa. Urakoitsija vastaa työmaateiden kunnossapidosta työn aikana. Työmaateiden luovuttaminen tilaajalle tai niiden purkaminen tehdään työkohtaisten suunnitelmien mukaan.

Infrastruktuuuri

Tiedot työmaan tarvitsemista LVIST-järjestelmistä ja -liittymistä annetaan työkohtaisissa asiakirjoissa. Urakoitsija hankkii ja kustantaa liittymät sekä sopii liittymisistä suoraan ao. laitosten kanssa ellei työkohtaisissa asiakirjoissa ole toisin määrätty.

Työnaikainen kuivanapito

Urakkaan sisältyy avoleikkausten ja kalliotilojen työnaikainen kuivanapito työkohtaisissa asiakirjoissa määrätyn mukaan. Johdettaessa vesiä yleiseen viemäriin on käyttöehdoista sovittava viemärilaitoksen kanssa. Poistettavista vesistä on erotettava öljy, hiekka, liete ja pinnalla kelluvat roskat ennen kuin ne johdetaan viemäriin tai avo-ojiin. Erotusjätteet urakoitsija toimittaa kaatopaikalle tai ympäristöviranomaisten määräämään paikkaan. Mahdollisten ongelmajätteiden osalta noudatetaan ympäristöviranomaisten määräyksiä. Lisäksi noudatetaan mahdollista työkohtaista vesien puhdistussuunnitelmaa.

Työnaikainen kalliotilojen ilmanvaihto

Urakoitsija huolehtii kustannuksellaan kalliotilojen työnaikaisesta ilmanvaihdosta. Ilmanvaihtoa koskeva suunnitelma on esitettävä tilaajan hyväksyttäväksi työn aloitusvaiheessa. Suunnitelmaa laadittaessa on otettava huomioon ympäristön asettamat vaatimukset melun, pölyn ja räjähdyskaasujen suhteen. Tarvittaessa järjestelmä varustetaan suodattimin ja äänenvaimentimin. Poistettava ilma johdetaan kanavoituna riittävän kauas tai korkealle, jos olosuhteet niin vaativat. Tarvittaessa suunnitelma esitetään ympäristöviranomaisen hyväksyttäväksi.

Työnaikainen valaistus

Urakoitsija hankkii ja kustantaa työnaikaisen valaistuksen. Valaistuksen tulee täyttää työn tekemisen ja työturvallisuuden asettamien vaatimusten lisäksi myös työnvalvonnan tarpeet.

6.19 Työnaikaiset tutkimukset ja kalliomekaaniset mittaukset

6.191 Työnaikainen rakennusgeologinen kalliokartoitus

Työn aikana tehdään täydentävä silmämääräinen rakennusgeologinen kalliokartoitus /17,18/ kalliorakennussuunnittelijan tai tilaajan hankkiman muun asiantuntijan toimesta. Urakoitsijan työnjohdon tulee osallistua pidettäviin katselmuksiin ja

huolehtia siitä, että olosuhteet kalliotiloissa ovat riittävän hyvät. Tilojen tulee olla tuuletettuja, kulkukelpoisia ja riittävästi valaistuja. Kalliopinnat pestään tarvittaessa välittömästi ennen katselmuksia. Katselmukset pidetään työn etenemisen mukaan sovittavassa aikataulussa ja ennen kuin kalliopinnat ruiskubetonoidaan. Urakoitsija avustaa kartoituksessa tarvittavien sijaintimittausten suorittamisessa.

Rakennusgeologinen kalliokartoitus tehdään vain jos työkohtaisissa asiakirjoissa on niin määrätty. Rakennusgeologiseen kalliokartoitukseen liittyvänä otetaan paikalta myös näytteet mahdollisia laboratoriotutkimuksia varten. Nämä tutkimukset hankkii ja kustantaa tilaaja erikseen.

6.192 Kalliomekaaniset mittaukset

Kalliomekaanisten analyysien ja/tai kalliorakenteiden käyttäytymisen seuraamisen vaatimat työnaikaiset siirtymä- ja jännitystilamittaukset määritellään työkohtaisissa suunnitelmissa. Kaikkien, myös aiemmin asennettujen tarkkailujärjestelmien työnaikaiset havainnoinnit suorittaa urakoitsija työkohtaisten suunnitelmien mukaan. Mittausjärjestelmien asentaminen ja mittausten suorittaminen on annettava alaan erikoistuneen mittajaan hoidettavaksi. Mittaaja ja sen vastuuhenkilöt on hyväksyttävä tilaajalla.

Mittaustulokset toimitetaan kirjallisina tilaajalle ja asiantuntijavalvojalle sitä mukaa kuin ne valmistuvat. Yhteenveto mittauksista esitetään jokaisessa työmaakokouksessa. Urakoitsija on velvollinen välittömästi ilmoittamaan tilaajalle ja asiantuntijavalvojalle, jos mittauksissa havaitaan ennakoarvioista poikkeavia tuloksia.

Mittaustuloksia käytetään kalliomekaanisten analyysien lähtötietoina. Kalliomekaanisten analyysien perusteella määritellään lopulliset kallionlujitustoimenpiteet sekä louhinnan ja kallionlujitusten vuorottelut /19-21/.

6.193 Radonpitoisuus

Työn aikana tutkitaan viranomaismääräyksissä vaaditut ja työkohtaisissa asiakirjoissa määritellyt kalliotilojen ilman ja kalliotiloihin vuotavan veden radonpitoisuudet. Urakoitsija tilaa tutkimukset ja maksaa niistä aiheutuvat kulut. Tutkimuslaitos on hyväksyttävä tilaajalla ja tutkimustulokset toimitetaan tilaajalle kirjallisesti.

6.194 Vuotoveden analysointi

Kalliotiloihin vuotavasta vedestä tehtävät analyysit määritellään työkohtaisissa asiakirjoissa. Urakoitsija tilaa tutkimukset ja maksaa niistä aiheutuvat kulut. Tutkimustulokset toimitetaan kirjallisina tilaajalle ja tarpeen mukaan myös ympäristöviranomaisille. Tutkimuksen aiheina voivat olla suolapitoisuus (merivesi), mahdolliset myrkyt ja korroosiovaikutukset.

6.195 *Saastuneiden maa-ainesten tutkimus ja käsittely*

Mahdollisten saastuneiden maa-ainesten tutkimus- ja käsittelyohjeet vastuurajoineen määritellään työkohtaisissa asiakirjoissa.

6.2 MAANSIIRTOTYÖT

6.21 Purkutyöt ja raivaaminen

Urakoitsija laatii lopullisen purku- ja raivaussuunnitelman työkohtaisten suunnitelma-asiakirjojen pohjalta ja hyväksyttää suunnitelman tilaajalla ja valvojalla. Suunnitelmassa esitetään aikataulu, töiden suoritustavat ja jätteiden käsittely. Työt on tehtävä siten, että säilytettävät rakennusosat jäävät ehjiksi ja purkurajat ovat siistejä. Asbesti- ym. ongelma-aineiden purkaminen ja/tai käsittely on annettava alaan erikoistuneen yrityksen hoidettavaksi. Työkohtaisissa asiakirjoissa määrätään mahdollinen purkuosien ja kaadettujen puiden hyötykäyttö.

6.22 Maankaivu

Kaivutöiden laajuus käy ilmi suunnitelmista ja tutkimusraporteista.

Kalliopinta kaivetaan esiin louhittavilta alueilta vähintään 1 metrin etäisyyteen teoreettisen louhintalinjan ulkopuolelle ellei suunnitelmissa ole toisin määrätty tai lujitusten suorittaminen vaadi suurempaa puhdistamislevyettä. Työnaikaiset luiskat tehdään riittävän loiviksi maalajista ja luiskakorkeudesta riippuen. Maaluiskien kaltevuuksia valittaessa on otettava huomioon korkeiden kalliorintausten juurella tehtävien töiden työturvallisuuskohdat sekä louhintatärinän vaikutus luiskien pysyvyyteen.

Mikäli luiskat jäävät pysyviksi tasataan niiden pinnat rakennekerrosten edellyttämällä tarkkuudella. Pysyvien luiskien kaltevuudet ja puhdistettavan kallioikaistan leveys määritellään työkohtaisissa asiakirjoissa.

Kaivumaiden maalajitiedot käyvät ilmi tutkimusraporteista. Mahdolliset pohjavesipintojen alentamiset tulee tehdä ennen kuin kaivu ulotetaan pohjavesipinnan alapuolelle.

6.23 Työnaikaiset tukiseinät

Urakoitsija laatii työnaikaisten tukiseinien suunnitelmat työkohtaisten suunnitelma-asiakirjojen pohjalta ja hyväksyttää suunnitelmat mitoituslaskelmineen tilaajalla ja asiantuntijavalvojalla sekä tarvittaessa rakennusvalvontaviranomaisella.

Tukiseinät mitoitetaan yleisesti hyväksyttyjä maan- ja vedenpaineolettamuksia käyttäen ja junakuorma sekä muut ajoneuvokuormat ja niiden aiheuttama tärinä huomioon ottaen. Mitoitusparametrit annetaan työkohtaisissa asiakirjoissa. Niiden lisäksi noudatetaan tuettujen kaivantojen suunnittelu-, rakentamis- ja valvontaohjeita rautatiealueiden kaivantotoissa /9 - 11/.

Tukiseinäsuunnittelussa otetaan huomioon normaalien mitoitusparametrien lisäksi myös louhintatärinän vaikutus.

6.24 Kalliopintojen puhdistaminen louhintaa varten

Louhittavat ja lujitettavat kalliopinnat puhdistetaan työn edellyttämällä tarkkuudella kauttaaltaan kaivutöiden yhteydessä. Lujitettavat kalliopinnat puhalletaan tai pestään niin puhtaiksi, että kallion rakoilu tulee selvästi esille lopullisen ennakkolujituksen määrittelemistä varten. Puhdistustarkkuudessa otetaan lisäksi huomioon louhintamassojen käyttötarkoitus työkohtaisten suunnitelmien mukaan.

6.25 Kaivumaiden omistussuhteet ja käyttö

Kaivumaiden omistussuhteet ja käyttö määrätään työkohtaisissa asiakirjoissa. Ellei muuta määrittelyä ole, ovat kaivumassat rakennuttajan omaisuutta. Kaivumaiden käsittelyt esitetään työkohtaisissa asiakirjoissa. Kaivumaiden käsittelyssä otetaan tarvittaessa huomioon kohdan 6.195 ja ympäristöviranomaisten määräykset.

6.3 LOUHINTATYÖT

6.31 Yleistä

Louhintatöiden laajuus esitetään suunnitelmissa. Urakkaan sisältyy myös salaoja-, pintavesi- ja viemärikaivojen ja putkistojen rakentamisen sekä kaapeliputkien ja -kaivojen vaatimien tilojen louhiminen urakkaohjelmassa ja muissa työkohtaisissa asiakirjoissa esitetyssä laajuudessa.

Irrallisen räjähdysaineen käytössä on otettava huomioon lainsäädännön ja viranomaispäätösten asettamat rajoitukset.

Patruunoimattoman (irralisen) räjähdysaineen käyttöä rajoitetaan tarkkuuslouhittavien pintojen läheisyydessä. Patruunoimattomalla räjähdysaineella panostetun reiän etäisyys tarkkuuslouhittavista pinnoista määritellään reunareikäriivin panostuksen rikkomisvaikutuksen mukaan. Minkään panostetun reiän rikkomisvaikutus ei saa ulottua reunareian rikkomisvaikutusta kauemmaksi tarkkuuslouhittavaan pintaan. Reuna- ja kenttäreikien panostusta koskevat ohjeet annetaan tarkemmin työkohtaisissa asiakirjoissa sekä avo- että tunnelilouhinnan osalta.

Ympäristöä häiritseviä töitä saa tehdä viranomaisten myöntämien työ lupien mukaisesti. Urakoitsija vastaa lupien hakemisesta ja lupaehtojen täyttämisestä.

Sytytystapaa valittaessa on otettava huomioon sähköradan läheisyys.

Raidevaraus- ja jännitekatkoajat annetaan urakkaohjelmassa. Räjähdykset ja radan suojaustoimenpiteet tulee rytmittää niiden mukaan.

6.32 Mittaukset

6.321 Yleistä

Louhintatyön suorittamiseksi ja louhintatuloksen kartoittamiseksi tarvittavat mittaukset ja tulostukset sisältyvät urakkaan. Rakenteiden mitat ja korkeusasematiedot sekä käytettävä koordinaatisto, korkeusjärjestelmä ja lähtöpistetiedot annetaan työkohtaisissa asiakirjoissa. Urakoitsijan käyttöön luovutetaan erikseen pyydettyä mittausta- ja louhintasuunnitelmat DWG- tai DXF-muotoisina tiedostoina tai muussa sovitussa formaatissa.

Tasorunkoverkon tarkkuusvaatimus on kaavoitusmittausasetuksen 493/82 luokan V mukainen. Korkeusrunkoverkon sulkuvirhe saa olla enintään $0,0003 \sqrt{L}$, jossa L on lausuttu metreissä.

Tarkkuusvaatimuksissa otetaan huomioon työkohtaisen kiintopisteverkon tarkkuus työkohtaisten asiakirjojen mukaisesti.

6.322 Louhintatyöhön liittyvät mittaukset

Urakoitsija laatii louhintatyöhön liittyvistä mittauksista mittaussuunnitelman ja hyväksyttää sen tilaajalla. Mittaussuunnitelmassa tulee esittää kalusto, henkilöstö (nimet, koulutus, kokemus) ja käytettävät mittausmenetelmät.

Louhintatyön runkoverkko on kolmiulotteinen, jolloin kaikilla pisteillä on taso- ja korkeuskoordinaatit. Pisteistö mitataan ja tasoitetaan louhinta-alueella yhtenäisenä verkkona ilman ulkoisia pakkoja. Liittäminen hankkeen koordinaatistoon tehdään käyttäen vähintään kolmea pistettä, jotka sijaitsevat eri puolilla louhinta-alueen ympärillä.

Tunnelilouhinnoissa laajennetaan pisteistöä verkkomaisena rakenteena tunnelin sisään. Tunnelin sisällä pisteverkko muodostuu tunnelin kummallakin reunalla olevista pisteistä, jotka mitataan ja tasoitetaan samaan verkkoon. Tunneleiden puhkaisemisen jälkeen eri tunneliosien verkot liitetään toisiinsa ja tasoitetaan yhtenäisenä.

Mittaajan tulee työn etenemisen mukaan toimittaa tilaajalle mitattujen runkopisteiden koordinaattitiedot ja tasoituslaskennan tulokset.

Tunnelin ja avoleikkausten seiniin merkitään maalimerkein 20 metrin välein eteneviä ilmoittavat lukemat, jotka sidotaan suunnitelmien mukaisiin paalulukemiin. Samoilta kohdilta merkitään lyhyt korkeusasemaviiva tasolle kv + 1 m.

6.323 Louhintatuloksen tarkemittaukset

Yleistä

Louhintatuloksen tarkemittaukset ja niiden tulosteiden laatiminen ja toimittaminen sisältyvät louhintaurakkaan. Louhintatuloksen tarkemittaukset on tehtävä ja tulostettava työn etenemisen mukaan. Yhteenveto tarkemittautuloksista on esitettävä jokaisessa työmaakokouksessa. Tarkemittaukset piirturitulostetaan työkohtaisessa selityksessä määriteltyyn mittakaavaan ja tulosteet luovutetaan kolmena kansioituna kopiosarjana tilaajalle. Tarkepiirustukset tulostetaan mainittujen piirustussarjojen lisäksi myös DWG- tai DXF-muotoisina tiedostoina, jotka luovutetaan tilaajalle.

Tarkemittaukset on tehtävä ennen kallionlujitustoita siten, että vältetään jo lujitettujen kalliopintojen laajennuslouhinnat. Työnaikaisten lujitusten vaatimat tarkemittaukset on tarvittaessa suoritettava erillisinä mittauskertoina. Viranomaisten mahdollisesti vaatimat tarkemittaukset ja niiden tulosteet sisältyvät urakkaan vaikka niitä ei asiakirjoissa olisikaan erikseen mainittu.

Tarkemittaukset on suoritettava elektro-optisin tai stereokuvausmenetelmin. Mittausmenetelmät, henkilöstö ja kalusto on hyväksyttävä tilaajalla.

Urakoitsija on velvollinen suorittamaan ja tulostamaan täydentäviä työn aikana määrättäviä tarkemmittauksia, jos jatkosuunnittelun lähtötietojen saamisen aikataulu sitä edellyttää.

Urakoitsijalle luovutetaan erikseen pyydettyä veloitusetta suunnitelmapiiirustusten DWG- tai DXF-muotoiset tiedostot tarkemmittaustulostuksia varten.

Kalliotunnelien poikkileikkausten tarkemmittaukset

Kalliotunneliosuuksien poikkileikkaukset tarkemmitataan 20 metrin välein. Lisäksi tarkemmitataan tunnelipoikkileikkaus välittömästi kunkin tunneliotsan takaa. Jokaisen louhintasuunnitelmapiiirustuksissa esitetyn poikkileikkauksen kohdalla tehdään tarkemmittaus. Mitattavien pisteiden välin tulee olla 0,3 - 0,6 metriä todellista louhittua pintaa pitkin mitattuna.

Poikkileikkausten tarkemmittaustulosteissa esitetään tunnelin teoreettinen ja todellinen louhittu poikkileikkaus sidottuna mittalinjaan ja korkeusviivaan (kv).

Kunkin tarkemmittauskohdan tarkka sijainti ilmoitetaan suunnitelmien mukaisiin paalulukemiin sidottuna ja merkitään kallioseinämiin maalimerkein.

Poikkileikkausten tarkemmittauksia varten pohja tulee alustavasti tasata, jotta mittaustulosten perusteella voidaan todeta, ettei pohjaa tarvitse pohjaura- ja syvennyslouhintoja lukuun ottamatta enää avarruslouhia.

Avoleikkausten poikki- ja pituusleikkausten tarkemmittaukset

Avoleikkausten poikkileikkaukset tarkemmitataan 5 metrin välein niiltä osin kuin rakenteet perustetaan suoraan kalliolle ja muualla 10 metrin välein. Lisäksi avoleikkausten poikkileikkaukset tarkemmitataan välittömästi kunkin tunneliotsan edestä. Jokaisen louhintasuunnitelmapiiirustuksissa esitetyn poikkileikkauksen kohdalla tehdään tarkemmittaus. Mitattavien pisteiden välin tulee olla 0,3 - 0,6 metriä todellista louhittua pintaa pitkin mitattuna.

Sidonnat linjoihin tehdään kuten kalliotunnelipoikkileikkausten osalta edellä on määrätty. Kunkin poikkileikkauksen tarkemmittauskohdan tarkka sijainti ilmoitetaan suunnitelmien mukaisiin paalulukemiin sidottuna ja merkitään kallioseinämiin maalimerkein.

Kunkin tunneliotsan kohdalla tunnelin pituusleikkaus tarkemmitataan tunnelin keskilinjaa pitkin. Pituusleikkauksen tarkemmittauksen tulee ulottua 10 metriä tunnelin sisään ja sisältää tunneliotsan ja kalliokaton todellinen louhinta sekä pohjan taseus. Mitattavien pisteiden välin tulee olla 0,3 - 0,6 metriä todellista louhittua pintaa pitkin mitattuna. Pituus- ja poikkileikkausten tarkemmittaustulosteissa tulee esittää myös maaluisen todellinen kulku tunneliotsan ja avoleikkausreunojen

yläpuolella. Pituusleikkaustulosteissa tulee esittää vaakasuorat korkeusviivat 1 metrin välein ja linjojen paalulukemat.

Kalliotunneleiden ja avoleikkausten vaakaleikkausten tarkemittaukset

Kalliotunneleiden ja louhittujen avoleikkausten alueilla tarkemitataan kallioseinién todellinen kulku noin tasossa kv + 0,5 metriä. Mitattavien pisteiden välin tulee vaihdella kalliopinnan epätasaisuuden / tasaisuuden mukaan välillä 0,5- 2,0 m.

Vaakaleikkausten tarkemittauspisteiden mittaustulokset ja louhintasuunnitelma-pohjapiirustuksen tiedostot yhdistetään ja tiedostoon lisätään todellista louhintaa kuvaava louhintaviiva. Näin syntynyt suunniteltua ja todellista louhintaa kuvaava yhdistetty pohjapiirustus sisällytetään tarkepiirustustulostuksiin.

6.324 Pohjapintojen tarkemittaukset

Kaikkien seuraavassa käsiteltyjen pohjapintojen tarkemittaukset esitetään työkohtaisen selityksen mukaisissa vaaituskartoissa, jotka luovutetaan tilaajalle kolmena kansioituna kopiosarjana ja DWG- tai DXF-muotoisina tiedostoina. Jokainen tarkemittauspiste tulostetaan kartalla koordinaattiansa X ja Y mukaisessa kohdassa Z-koordinaatin mukaisena lukuarvona.

Rakenteiden perustamistasot ja tukeutumispinnat

Ks. kohta 6.52.

Teräsbetonirakenteiden kiinteään kallioon tehtävät perustamistasot ja tukeutumispinnat tarkemitataan hyväksyvän pohja- ja rakennekatselmuksen jälkeen.

Perustamistasot ja tukeutumispinnat tarkemitataan tulevan rakenteen keskilinjaa pitkin 2,5 metrin välein.

Betonoidut kalliopohjat

Ks. kohta 6.53.

Betonoidut pohjat tarkemitataan seuraavasti:

- Poikkileikkaus 5 metrin välein kuten avoleikkausten tarkemittauksissa kohdassa 6.323
- Tarkemmat ohjeet annetaan työkohtaisessa suunnitelmassa.

Tasatut louhintapohjat

Ks. kohta 6.54.

Tasatut pohjat tarkemitataan 5 metrin ruutuun. Erilliset pistejonot tulee tarkemitata pohjauria pitkin 5 metrin välein ja lisäksi vähintään yksi piste jokaisen kuopan ja syvennyksen kohdalta. Jokaisen suunnitelmapiirustuksissa esitetyn korkeusasemalu-keman kohta tulee tarkemitata.

6.33 Tarkkuusvaatimukset ja ylilouhintakorvaukset

6.331 Louhinnan tarkkuusvaatimukset

Tässä selityksessä noudatetaan tarkkuusmäärittelyä, jonka mukaan ylilouhintaa on (+) ja louhintavajaus on (-). Ylilouhintaa ja louhintavajaus mitataan kohtisuorina etäisyyksinä teoreettisesta (suunnitelmapiirustusten mukaisesta) louhintalinjasta.

Kalliotunneleiden katto- ja seinäpintojen louhintaa on tehtävä siten, että:

- Ylilouhintaa on enintään +350 mm ellei työkohtaisissa asiakirjoissa ole erikseen toisin määrätty.
- Louhintavajaus on enintään -50 mm.

Avoleikkausten seinäpintojen louhintaa on tehtävä siten, että:

- Ylilouhintaa on enintään +200 mm tunneliotsapinnoilla ja niillä alueilla, joilla myöhemmin tehtävät teräsbetonirakenteet valetaan kalliota vasten.
- Ylilouhintaa on enintään +350 mm niillä alueilla, joilla kalliopinta jää yleispiirustusten mukaan lopulliseen maisemaan näkyviin.
- Louhintavajaus on enintään -50 mm niillä alueilla, joilla myöhemmin tehtävät teräsbetonirakenteet valetaan kalliota vasten ja tunneliotsapinnoilla.
- Louhintavajaus on enintään -150 mm niillä alueilla, joilla kalliopinta jää yleispiirustusten mukaan lopulliseen maisemaan näkyviin.

Tunnelin ja avoleikkausten pohjien louhintaa on tehtävä siten, että:

- Ylilouhintaa on enintään +400 mm niillä alueilla, joilla myöhemmin tehtävät teräsbetonirakenteet perustetaan suoraan kalliolle (kohta 6.52) sekä betonoitavilla kalliopohjilla (kohta 6.53).
- Louhintavajauksia ei sallita.

Louhintapohjan tasausta koskevat vaatimukset on käsitelty kohdassa 6.54.

6.332 Ylilouhintakorvaukset

Ylilouhintakorvausten osalta noudatetaan seuraavia menettelytapoja:

- Ylilouhintamassoista aiheutuvista kuormaus-, kuljetus- ja vastaanotto-kustannuksista ei urakoitsijalle makseta lisäkorvausta.
- Ylilouhinnoista aiheutuvista ruiskubetonimassamäärien ja töiden lisääntymisistä ei urakoitsijalle makseta lisäkorvausta.
- Mikäli ylilouhintojen vuoksi joudutaan tekemään alkuperäisiin suunnitelmiin sisällyttämättömiä kallionlujitustoimenpiteitä, kalliota lujittavia teräsbetonirakenteita tai lisälouhintoja jäävät niistä aiheutuvat kustannukset urakoitsijan vastattaviksi.
- Urakoitsija maksaa tilaajalle ylilouhintakorvausta niiltä osin kuin ylilouhinnat aiheuttavat myöhemmin rakennettavien teräsbetonirakenteiden rakentamiskustannusten lisääntymistä. Massamenekkien lisääntymiset lasketaan ao. kohdan tarkemmittausten perusteella. Yksikkönä on lisääntynyt betonikuutiometrimäärä. Korvauksen suuruus mk/betoni-m³ ilmoitetaan urakkaohjelmassa. Korvattavaa määrää laskettaessa vertaillaan kunkin rakenteen todellista kokonaismassamenekkiä sallitun ylilouhinnan mukaan laskettuun kokonaismassamenekkiin. Ylilouhintakorvauksen määrittäminen selvennetään tarvittaessa työkohtaisessa suunnitelmassa rakennekohtaisesti.
- Ylilouhintakorvausta ei peritä, jos ylilouhintaa aiheuttaa huonosta kalliolaadusta. Korvausta ei peritä myöskään siinä tapauksessa, että kallion pysyvyyden varmistaminen edellyttäisi kohtuuttomia ennakkolujitustoimenpiteitä.
- Kalliolaadusta johtuvia paikallisia ylilouhintoja voidaan tehdä silloin, kun ylilouhinnasta ei ole haittaa ja se on teknis-taloudellisesti perusteltua. Näistä ylilouhinnoista ei peritä korvausta, jos niistä on etukäteen sovittu tilaajan kanssa.
- Betonoitavien pohjien osalta ylilouhintakorvausta ei peritä, vaan urakoitsija vastaa kustannuksellaan lisääntyneistä betonimenekeistä nostamalla pohjan betonointitason vähintään 300 mm kuivatustason yläpuolelle ellei työkohtaisessa suunnitelmassa toisin määrätä.
- Määräluetteloön sisällytetyistä töistä ja materiaalimenekeistä maksetaan aina korvaus määräluettelon ja ao. työselityskohtien mukaisesti.

Kallion laadusta aiheutuvat ja suunnitellusti tehtävät ylilouhinnat tulee todeta yhteisesti tilaajan, asiantuntijavalvojan ja urakoitsijan kesken mahdollisuuksien mukaan jo ennen louhintaa. Ellei tämä ole mahdollista, käsitellään ylilouhinnat heti, kun ne todetaan. Kaikki ylilouhinnat todetaan ja käsitellään kussakin työmaakouksessa tarkemmittaustulosten perusteella.

6.34 Louhintatyön suunnittelu

6.341 Yleistä

Louhintatöiden suunnittelussa on otettava huomioon työkohtaisissa asiakirjoissa annetut määräykset massojen käytöstä ja lohkareiden koosta.

Urakoitsija laatii maankaivua sekä avo- ja tunnelilouhintatöitä koskevat yleissuunnitelmat, joissa esitetään työmaan ja töiden yleisjärjestely sekä viranomaismääräyksissä, urakkaohjelmassa ja työselityksissä vaaditut asiat ja selvitykset. Yleissuunnitelmat hyväksytetään etukäteen tilaajalla.

Jäljempänä annetut louhintatekniset määräykset ovat vähimmäisvaatimuksia. Mikäli kallion laatu ja rakenne tai louhinnan ympäristövaikutukset (tärinä, paineaalto) vaativat, on käytettävä varovaisempia louhintamenetelmiä (lyhyempiä katkoja ja useampia räjäytyskertoja sekä keveämpää panostusta ja pienempiä momentaanisia räjähdysainemääriä). Mikäli urakoitsija haluaa käyttää esitetyistä poikkeavia louhintatapoja tulee hänen esittää ne perusteltuina tilaajan hyväksyttäväksi.

Muut kuin reunareiat on panostettava siten, että niiden aiheuttama rikkomisvaikutus ei ulotu kauemmaksi jäljelle jäävään kalliomassaan kuin reunareikien rikkomisvaikutus. Reikäväli ja etu on sovitettava tämän mukaisiksi. Tätä yleismääräystä noudatetaan kaikkien jäljempänä selostettujen louhintatapojen yhteydessä.

6.342 Louhintakaaviot

Urakoitsija laatii louhintakaaviot, joiden tulee sisältää ainakin seuraavat asiat:

- teoreettinen poikkileikkaus
- porauskaavio reikäkokoineen
- katkon pituus / rintauksen korkeus
- räjähdysainemäärät ja -laadut reikäkohtaisesti
- räjähdysainemäärät ja -laadut räjäytyskertakohtaisesti
- momentaaninen räjähdysainemäärä
- sytytysjärjestelmä
- irrotettavan kallion määrä.

Kaaviot hyväksytetään työnvalvojalla ennen porauksen aloittamista. Kaavioita laadittaessa otetaan huomioon:

- kallion laatu ja rakenne
- tarkkuusvaatimukset
- louhintätärinän asettamat rajoitukset
- työturvallisuusnäkökohdat
- määräykset, jotka koskevat reikäkokoja, porausta, panostusta ja sytytystä sekä jakoa räjäytyskertoihin.

Tilaajalla on oikeus ilman eri korvausta vaatia urakoitsijaa muuttamaan louhintatapoja, jos riskianalyyseissa esitetyt louhintatärinän raja-arvot ylitetään.

Räjäytyksistä pidetään räjäytyspäiväkirjaa, josta tulee käydä ilmi kunkin räjäytyksen järjestysnumero, päivämäärä, kelloaika ja louhintakaavion numero. Räjäytykset merkitään juoksevasti numeroituina louhintapiirustuskopioihin, jotka luovutetaan tilaajalle louhintatöiden päätyttyä.

6.343 Heikkousvyöhykkeet ja rikkonainen kallio

Heikkousvyöhykkeiden ja rikkonaisten kallio-osuuksien esiintymisestä on tiedotettava valvojalle jo porausvaiheessa sekä neuvoteltava valvojan ja kalliorakennustöiden asiantuntijavalvojan kanssa heikkousvyöhykkeiden louhinta- ja lujitustavoista. Kallioperätutkimuksissa havaitut heikkousvyöhykkeet ja rikkonaiset kallio-osuudet on jo louhintatöiden suunnittelussa otettava huomioon.

6.35 Avolouhinnat

6.351 Avolouhinta yleensä

Ennen avolouhintaa tehdään avoleikkausten reunojen pysyvyyden vaatimat ennakkolujituspultitukset ja teräsbetonipalkit. Pultitusten ja palkkirakenteiden tarve ja laajuus määrätään työkohtaisissa suunnitelmissa ja todetaan lopullisesti paikalla pidettävissä katselmuksissa. Katselmuksia varten tulee kalliopinnat puhdistaa ja teoreettiset louhintalinjat maalata jatkuvasti kalliopintoihin. Tätä noudatetaan myös silloin kun avoleikkausta porrastaen kavennetaan ja louhintaa jatketaan jo louhitusta pohjasta alaspäin.

Avoleikkausten seinien tarkkuuslouhintamenetelmänä voidaan käyttää joko irrotuslouhinta-jälkilouhintamenetelmää tai raonräjäytys-irrotuslouhintamenetelmää.

Avoleikkausseinien tarkkuuslouhintavaatimusten aiheuttamat rajoitukset pengerkorkeuksiin annetaan työkohtaisessa suunnitelmassa.

Ne avoleikkausten seinäpinnat, joille on määrätty tarkkuusvaatimus +200 / -50 louhitaan seuraavasti:

- Reunareikäväli on kalliolaadusta riippuen 200...300 mm.
- Reunareiät panostetaan putkipanoksilla, joiden laatu ja koko valitaan reikävälin, edun ja reikäkoon mukaan.

Ne avoleikkausten seinäpinnat, joille on määrätty tarkkuusvaatimus +350 / -150 louhitaan seuraavasti:

- Reunareikäväli saa olla enintään 600 mm.
- Reunareiät panostetaan putkipanoksilla, joiden laatu ja koko valitaan reikävälin, edun ja reikäkoon mukaan.

Ne avoleikkausten pohjapinnat, joille kohdassa 6.331 on määrätty tarkkuusvaatimus +400 / -0 louhitaan seuraavasti:

- Jos käytetään vaakaporausta noudatetaan myös pohjapinnoilla avoleikkausten seinien +350 / -50 osalta edellä annettuja määräyksiä.
- Pystyporauksen ylisyyvyys saa olla enintään 300 mm ja ylisyyvyyden tulee olla tasainen. Reikä- ja etuvälit sekä reikäkoko valitaan ja panostus tehdään siten, että vaadittuun tarkkuuteen päästään.
- Pengerkorkeudet valitaan siten, että viimeisenä irrotettavan penkereen korkeus on enintään 3 metriä.
- Pohjapinnoilla on tarkkuuslouhittava alue valittava niin laajaksi, että varmistetaan kallion pysyvyys myös niiden teräsbetonirakenteiden kohdilla, jotka perustetaan louhituille pohjille avoleikkausten reunoille.

Muilta osin urakoitsija suunnittelee ja esittää tilaajan hyväksyttäväksi avolouhintojen suoritustavat. Suunnittelussa on otettava huomioon tämän selityksen muissa kohdissa annetut määräykset. Avoleikkausten seinämien louhinnassa on otettava huomioon työturvallisuusnäkökohdat myös niillä alueilla, joille tarkkuus- tai työtapavaatimusta ei ole asetettu.

6.352 Avolouhinnan erikoiskohdat

Louhinta apusillan alla

Apusillan maanvaraisperustuksen alapuolinen maa on työkohtaisessa suunnitelmassa määrättyllä tavalla tuettava esimerkiksi tukiseinillä tai stabiloitava ruiskubetonoimalla tai muulla tavalla siten, että haitalliset siirtymät vältetään ja stabiliteetti varmistetaan. Tuennassa ja stabiloinnissa on otettava huomioon louhintatärinän vaikutukset.

Apusillan perustuksen alapuolinen kallio on lujitettava ennen louhintaa työkohtaisen suunnitelman mukaan. Louhintaperustuksen tuntumassa on tehtävä tarkkuusvaatimuksen +200 / -50 mukaan ellei työkohtaisessa suunnitelmassa ole toisin määrätty. Tarvittaessa irrotus suoritetaan useassa osassa ja räjäytyskertojen välillä suoritetaan kallion pysyvyyden vaatimat lujitustoimenpiteet.

Apusiltarakenteille sallittavat tärinäarvot on määritettävä tapauskohtaisesti työn aikana ja otettava huomioon louhintatöiden suunnittelussa.

Louhinta aiemmin tehtyjen rakenteiden tuntumassa

Ennen louhintaa selvitetään työkohtaisissa suunnitelmissa ja riskianalyyseissa annettujen tietojen oikeellisuus. Mahdollisista poikkeamista on välittömästi ilmoitettava tilaajalle ja suunnittelijalle. Maanvaraisperustusten alapuolinen maa tuetaan tai stabiloidaan ja kallionvaraisperustukset ankkuroidaan tarvittaessa lujituspulttitusten yhteydessä kallioon. Työssä noudatetaan apusiltaperustuksista annettuja ohjeita ellei työkohtaisessa suunnitelmassa ole muuta osoitettu.

6.36 Tunnelilouhinnat**6.361 Tunneliavaukset**

Urakoitsija maalaa perät avoleikkausten rintauksiin, minkä jälkeen työnvalvoja tai asiantuntijavalvoja lopullisesti määrää paikalla tehtävän ennakkolujituspultituksen. Lujitussuunnitelmissa määrättyt ennakkopultitukset tulee tehdä ennen ensimmäistä räjäytyskertaa.

Tunnelipoikkileikkaukset on avattava ja laajennettava lopullisiin mittoihinsa jakamalla irrotus niin moneen räjäytyskertaan, että kallion pysyvyys varmistetaan. Räjäytyskertojen välillä louhinta keskeytetään ja suoritetaan kallion pysyvyyden vaatimat lujitustoimenpiteet.

Katto- ja seinäpinnoilla tulee reunareikien välin olla 200 - 300 mm ja reunareiät panostetaan putkipanoksilla, joiden laatu ja koko valitaan reikävälin, edun ja reikäkoon mukaan. Putkipanoksen räjähtämisen saa varmistaa räjähtävällä tulilangalla.

Pohjapinnoilla reunareikien väli saa olla enintään 600 mm ja reunareiät panostetaan 24 mm:n aniittipatruunoita tai muita vastaavia patruunoituja tai putkeen pakattuja louhintaräjähdyksaineita käyttäen.

Louhintaa jatketaan tunneliavausmenetelmien mukaisesti työkohtaisissa suunnitelmissa määrättyyn etäisyyteen todellisesta tunneliotsasta mitaten.

6.362 Tunnelilouhinnat

Tunnustelureikien poraaminen tehdään systemaattisesti koko tunnelin pituudella ellei työkohtaisissa asiakirjoissa ole toisin määrätty, ks. kohta 6.442.

Tunnelipoikkileikkausten jakaminen eri räjäytyskertoihin sekä louhinnan ja lujituksen vuorottelut tehdään työkohtaisten suunnitelmien mukaan. 1-raiteiset tunnelit ja muut sitä pienemmät tunnelit ja kuilut louhitaan yleensä täysperälouhintana. Tunnelipoikkileikkauksen kasvaessa tai muiden syiden niin vaatiessa poikkileikkaukset jaetaan ja etenemisuunnassa porrastetaan eri räjäytyskertoihin. Poikkileikkausta räjäytyskertoihin jaettaessa on otettava huomioon tarkkuusvaatimukset, tärinärajotukset, kalliolaatu ja mahdolliset erikoiskohdat. Irrotus tehdään useammassa vaiheessa ja louhinta keskeytetään lujitusten suorittamista varten, jos kallio-olosuhteet niin vaativat tai työkohtaisissa suunnitelmissa on niin määrätty.

Tunneleiden katto- ja seinäpinnoilla saa reunareikien väli olla enintään 600 mm ja ne panostetaan putkipanoksilla, joiden laatu ja koko valitaan reikävälin, edun ja reikäkoon mukaan.

Ne tunneleiden pohjapinnat, joille on määrätty tarkkuusvaatimus +400 / -0 louhitaan kuten seinä- ja kattopinnat. Muilla pohjapinnoilla reunareikien väli saa olla enintään 900 mm ja reunareiat panostetaan 28 mm:n aniittipatruunoita tai muita vastaavia patruunoituja tai putkeen pakattuja louhintaräjähdyksaineita käyttäen.

6.363 Tunnelilouhinnan erikoiskohdat

Tunnelilouhinnan erikoiskohdat louhitaan ja lujitetaan työkohtaisen suunnitelman mukaan. Näitä voivat olla huonon kalliolaadun alueet, hoikat pilarit, ohuet kallioakat, rakenteiden tukeutumispinnat, avaukset muihin kalliotiloihin ja poikkeuksellisten kuormitusten alaiset kalliorakenteet.

6.364 Tunnelilouhinnan maksuluokat

Ellei työkohtaisessa suunnitelmassa toisin määrätä, jaetaan tunnelilouhinta maksuluokkiin I ja II. Louhinnan maksuluokituksella otetaan huomioon kalliolaadun ja kallion tiivistämistarpeen aiheuttama louhintatyön urakkasopimusasiakirjoissa tarkemmin yksilöimätön keskeytyminen.

Kallio kuuluu maksuluokkaan II seuraavissa tapauksissa:

- Louhinta keskeytetään lujitusten suorittamista varten kallion heikkousvyöhykkeissä.
- Louhinta keskeytetään esi-injektoinnin suorittamista varten.

Kallio kuuluu maksuluokkaan I aina kun se ei kuulu maksuluokkaan II.

Louhintatyön keskeytyminen on katkokohtaisesti hyväksyttävä rakennuttajalla. Maksuluokan I mukaiseen työhön on palattava heti, kun kallio-olosuhteet sen sallivat. Maksuluokka määritellään katkon tarkkuudella.

Eri maksuluokkiin kuuluvien tunneliosuuksien määrät ja sijainnit annetaan työkohtaisissa urakkasopimusasiakirjoissa kallio-perätutkimuksiin perustuen. Kiinteä urakkahinta annetaan työkohtaisissa suunnitelma-asiakirjoissa määritellyn maksuluokkasuhteen mukaisena ja hinta tarkistetaan toteutuneen maksuluokkasuhteen mukaiseksi urakkasopimukseen merkityillä yksikköhinnoilla.

Maksuluokitusta ei sovelleta niihin kalliorakenteisiin, joiden osalta sopimusasiakirjoihin on liitetty yksityiskohtaiset suunnitelmat louhintatyön keskeytymisestä tai etenemisestä louhintaa ja lujitustoimenpiteitä vuorottelemalla. Näitä voivat olla esimerkiksi:

- ennakkolujitettavat tunneliotsat (tunneliavaukset)
- louhinta betoni- tai muiden rakenteiden tuntumassa
- louhintaa ja lujitusta vuorottelemalla rakennettavat hoikat kalliopilarit tai ohuet kallioakat
- ne kalliorakenteet, joiden kallionlujitus- ja tiivistämistoimenpiteet tehdään yksityiskohtaisten kohdennettujen suunnitelmien mukaan.

Louhintatyön keskeytyessä tehtävien lujitus- ja tiivistämistoimenpiteiden maksu-perusteet on käsitelty luvussa 6.4.

Työkohtaisessa suunnitelmassa esitetään tarvittaessa edellä sanottua tarkempi tunnelilouhinnan maksuluokitus, jonka maksuluokkien kalliolaatu määritetään Q- tai RMR-menetelmällä viitteiden /20, 21/ mukaan.

6.37 Pohjalouhinnat

Salaoja-, pintavesi ja viemärikaivojen sekä kaapeliputkien vaatimat kuopat, urat ja syvennykset louhitaan yleensä jälkilouhintana pystyporauksella. Tunnelipoikkileikkauksiin sisältyvät jatkuvat urat saa louhia myös tunnelipoikkileikkauksiin liittyvinä. Kalliopohjalle asetettu tarkkuusvaatimus ja louhintatapavaatimus koskee myöskin urien seinämiä. Urakoitsija esittää pohjalouhintojen louhintatavat tilaajan ja asiantuntijavalvojan hyväksyttäväksi.

6.38 Kalliopintojen rusnaus ja peseminen

Työturvallisuuden vaatima kalliopintojen rusnaus on tehtävä välittömästi jokaisen räjäytyksen jälkeen. Jälkirusnausta on suoritettava tarpeen mukaan ja lopullinen rusnaus välittömästi ennen ruiskubetonointitöitä.

Rusnaustöiden yhteydessä avoleikkausten reunoilta poistetaan vaaraa aiheuttavat lohkat, joita ei kiinnitetä pulittaamalla taustakallioon. Louhinnassa irronneet

ennakkopultitetut lohkareet irrotetaan ja paljastuneet pultit katkaistaan kalliopinnan tasoon.

Ruiskubetonoitavat kalliopinnat pestään voimakkaalla painevesisuihkulla välittömästi ennen ruiskubetonointitöitä. Rakennusgeologisen kalliokartoituksen mahdollisesti vaatima peseminen ks. kohta 6.191.

6.39 Louhintamassojen omistussuhteet ja käsittelyt

Louhintamassojen omistussuhteet määrätään urakkaohjelmassa. Ellei muuta määrittelyä ole annettu, ovat louhintamassat rakennuttajan omaisuutta. Louhintamassojen käsittelyt määritetään työkohtaisissa asiakirjoissa.

6.4 KALLION LUJITUS- JA TIIVISTÄMISTYÖT

6.41 Yleistä

Kalliota lujitetaan pultittamalla ja ruiskubetonoimalla sekä tiivistetään injektoimalla. Kalliotunneleiden ruiskubetonoinnin urakkaan kuuluvat massamäärät laskee urakoitsija työkohtaisista piirustuksista ja ottaa tarjouksessaan huomioon ylilouhintojen ja kalliolaadun vaikutukset massamenekkeihin ja työmääriin. Kaikki muut lujitus- ja tiivistystöiden urakkaan kuuluvat massamäärät annetaan työkohtaisessa kallionlujitustöiden määräluettelossa. Määräluetteloon sisällytettyjen töiden ja massamäärien käytöstä pidetään pöytäkirjaa, jonka urakoitsijan ja tilaajan edustajat kuittaavat töiden etenemisen mukaan. Urakoitsija esittää jokaisessa työmaakokouksessa yhteenvedon määräluettelon töiden ja massamäärien käytöstä.

Urakoitsija määrittelee ja tekee työturvallisuuden vaatimat lujitukset. Mikäli työturvallisuuden vaatima lujitus on tehty työselityksen määräysten mukaisesti ja kalliorakenteen toiminnan kannalta vastaa suunnitelmissa esitettyjä lujituksia hyväksytään työturvallisuuslujitus osaksi loppulujitusta edellyttäen, että lopullisille lujituksille asetetut laatuvaatimukset täyttyvät. Tilaajan hyväksyttyä työturvallisuuslujituksen osaksi loppulujitusta luetaan tehty lujitus määräluettelon määriin sisältyväksi lujitukseksi.

Kallion lujitus- ja tiivistämistöitä tehdään ennen louhintayön aloittamista, louhintatöiden aikana (jolloin louhintatyö keskeytyy) ja louhintatöiden jälkeen sen mukaan kuin asiakirjoissa on esitetty tai rakennuspaikalla työn aikana määrätään. Louhintatyön keskeytymisen vaikutukset urakkahintaan ks. kohta 6.364.

Tarvittaessa rytmitetään louhinta- ja lujitustöitä siten, että kalliorakenteiden lujituksettomien tilan kesto-aika jää mahdollisimman lyhyeksi. Pulttitustöiden yhteydessä tehdään tarpeelliseksi katsotut louhintaan välittömästi liittyvät ruiskubetonilujitukset.

6.42 Työolosuhdevaatimukset

Lujitettavan ja tiivistettävän kalliomassan lämpötilaa tulee tarkkailla mittaamalla kallion pintalämpötilaa ja lämpötilaa kallioon poratuista rei'istä. Kalliomassiivi on avoleikkausten ja tunnelisuuaukkojen osalta avoin ja jäähtyy kylmänä vuodenaikana sääolosuhteista riippuen. Lujitustöiden suorittaminen on ajoitettava mahdollisuuksiensa mukaan lämpimään vuodenaikaan. Ellei tämä ole mahdollista, käytetään seuraavia menetelmiä:

- Kalliomassiivi lämpösuojataan peittämällä ja sulkemalla tunnelisuuaukot ennen lujitustöitä, niiden aikana ja jälkeen kunnes lujitukset ovat saavuttaneet kantokyvyn edellyttämät lujuudet.
- Kalliomassiivia ja tunnelitiloja sekä lujitusmateriaaleja lämmitetään tarpeen mukaan.

- Käytetään pakkasenkestäviä ja nollan alapuolisissa lämpötiloissa kovettuvia juotos- ja injektointilaasteja (pultitukset).
- Käytetään työnaikaisia lämpötilasta riippumattomia lujitusmenetelmiä, joita ei oteta loppulujituksina huomioon.

Käytettävistä menetelmistä sovitaan urakkatarjousvaiheessa ja työn alkuvaiheessa aikatauluun sidotun ennusteen mukaan ja työn aikana todellisten sääolosuhteiden mukaan. Lujitettavan kalliomassan lämpötilan tulee normaalimenetelmiä käytettäessä olla vähintään $+5^{\circ}\text{C}$. Lujitettavilla pinnoilla ja rei'issä ei saa olla jäätä.

6.43 Lujituspultitukset

6.431 Yleistä

Lujituspultituksia on esitetty pultituskaavioina työkohtaisissa piirustuksissa. Lisäksi pultituksia määrätään rakennuspaikalla todellisten kallio-olosuhteiden perusteella. Urakoitsijan työnjohdon tulee osallistua pulttien merkitsemiseen ja huolehtia valaistuksesta ja merkintävälineistä sekä tehtyjen pulttusten dokumentoinnista.

Pulttien juotoslaastin tulee saavuttaa puristuslujuus 30 MPa ennen kuin räjäyttämisen välittömässä läheisyydessä on sallittu. Ennen em. lujuuden saavuttamista on räjäyttäminen kielletty 40 metriä lähempänä pulttuskohdetta ellei työkohtaisissa asiakirjoissa toisin määrätä.

6.432 Väliaikaiset lujituspultit

Väliaikaisia lujituspultteja käytetään silloin, kun pysyvien lujitusten tekeminen ei sääolosuhteiden vuoksi (pakkasen) tule kysymykseen ja silloin, kun kallion pysyvyyden varmistaminen tai louhinnan välitön jatkaminen vaatii nopeasti suoritettavan ja välittömästi kantavan lujituksen tekemistä. Väliaikaisina lujituspultteina käytetään esimerkiksi Swellex-pultteja. Lujitustyö tehdään valmistajan kirjallisen ohjeen mukaan. Putkimaiset ja avoimet väliaikaiset pultit sementti-injektoidaan ennen ruiskubetonointia.

6.433 Jännittämättömät harjateräspultit

Harjateräspultteina käytetään A500HW-laatuksia pultteja \varnothing 20 tai 25 mm, jotka juotetaan sementtillaastilla kallioon porattuihin reikiin. Pulttiterästen koot ja mahdollinen kuumasinkitysvaatimus esitetään työkohtaisissa asiakirjoissa.

Pulteille porataan kallioon reiät, joiden suunnat ja pulttipituudet annetaan suunnitelmissa tai määrätään paikalla. Pulttireiän halkaisijan tulee olla välillä 45 mm - 56 mm. Pulttireiän pituuden tulee olla vähintään 50 mm suurempi kuin pultin pituus.

Työkohtaisessa määräluettelossa annettu määrä lujituspultteja varustetaan kierteellä, aluslevyllä ja mutterilla, joka kiristetään sen jälkeen, kun juotoslaasti on saavuttanut lujuuden K25. Kierre ja aluslevy määritellään työkohtaisessa suunnitelmassa. Näitä pultteja ei esijännitetä, vaan tarkoitus on parantaa pultin pään ankkuroimiskykyä rikkonaisessa kalliossa.

Juotoslaasti:

Juotoslaasti sekoitetaan pikasementistä CEM II A 52,5 R SFS 3165 ja hiekasta, jonka raekoko on 0 - 2 mm. Sekoitussuhde on paino-osin 1:1. Laastin koostumuksen tulee olla sellainen, että laasti pysyy hyvin myös ylöspäin suuntautuvaan pystysuoraan reikään pumpattuna ja että laasti täyttää täydellisesti reiän ja reikään työnnetyn pultin välisen vapaan tilan. Laastissa käytetään betonin koossapysymistä parantavaa lisäainetta ja notkistavaa lisäainetta. Vesimäärä valitaan mahdollisimman alhaiseksi. Laasti on sekoitettava koneellisesti. Kiviaineksen ja veden tulee täyttää betoninormeissa asetetut vaatimukset.

Työsuoritus:

Pulttien juotostyö aloitetaan huuhtelemalla reikä puhtaalla painevedellä. Reikä täytetään laastilla alkaen reiän pohjasta pumpun avulla. Täyttöletku vedetään reiästä tasaisesti ja yhtäjaksoisesti siten, että reiän täytyminen on jatkuvaa. Täytös jätetään pultin syrjäyttämän laastimäärän verran vajaaksi, jolloin reikä täyttyy kokonaan pulttia sisään työnnettäessä.

Lopulliseen pituuteensa katkaistu pultti työnnetään reikään tasaisesti ja yhtäjaksoisesti siten, että pultin ulkonemaa kalliopinnasta ei jää. Pultin tulee olla suora, eikä sitä saa osittain sisääntyönnettynä taivuttaa.

Laadunvalvonta:

Juotostyön tekemisestä on aina etukäteen ilmoitettava tilaajan valvojalle, jotta hänellä on mahdollisuus olla seuraamassa työn tekemistä.

Kalusto on esitettävä tilaajan hyväksyttäväksi ennen työn aloittamista. Urakoitsijan on annettava tilaajalle hyväksyttävä työnäyte, jonka perusteella kaluston asianmukaisuus ja henkilöstön osaaminen todetaan.

Pulttustyyti voidaan hyväksyä vain siinä tapauksessa, että juotoslaasti täyttää kauttaaltaan pultin ja reiän välisen vapaan tilan. Tämä todetaan vetämällä pultti ulos reiästä ja tutkimalla ympäröikö laasti pulttia täydellisesti. Mikäli huomauttamista ei ole, tutkitaan tällä tavalla enintään 3% kokonaispulttimäärästä. Jos virheitä havaitaan, lisätään kokeiden määrä kaksinkertaiseksi. Nämä kokeet tekee urakoitsija työnvalvojan läsnäollessa hänen määräämilleen pulteille. Ulosveto tehdään pulttustyytiyden yhteydessä laastin sitomisen alkaessa käsityökaluja käyttäen. Ulosvedettyjen pulttien reiät huuhdellaan välittömästi ja pultit juotetaan uudelleen.

6.434 Jännitetyt tanko- ja punosankkurit

Jännitettyjen tanko- ja punosankkurien käyttö ja työohjeet annetaan työkohtaisissa asiakirjoissa. Ankkureiden tulee olla kaksinkertaisella korroosiosuojauksella varustettuja pysyviä ankkureita. Ankkureilla tulee olla Suomen Betoniyhdistys r.y:n hyväksymä käyttöseloste.

6.435 Erikoispultit

Erikoispultteja käytetään silloin, kun lujitettavan kallion laatu tai työjärjestys ja aikataulu niitä edellyttävät sekä silloin, kun niitä lujitus suunnitelmissa on määrätty käytettäväksi.

Erikoispultteina voidaan käyttää esimerkiksi itseporaavia ja injektoitavia kalliopultteja silloin, kun porareiät eivät pysy auki tai jälkikäteen injektoitavia pultteja silloin, kun välittömästi asennettavia lujituspultteja halutaan käyttää lopullisina lujituksina. Korkeiden jännitustilojen kallioissa saattaa olla edullista käyttää joustavalla aluslevyllä varustettuja jännitettyjä tai kierteillä kiristettäviä injektoitavia pultteja. Erikoispulttien asennus- ja injektointityöt tehdään valmistajan ja maahantuojaan kirjallisia ohjeita noudattaen.

Suunnitelmista poikkeavien erikoispulttien käyttö tulee kustannusvaikutuksineen esittää tilaajan hyväksyttäväksi etukäteen.

6.436 Pulttustöiden dokumentointi

Urakoitsija kirjaa tilaajan toimittamiin piirustuskopioihin kaikki tehdyt pulttitukset. Kirjaaminen tulee tehdä siten, että pulttien lukumäärät, sijainnit, suunnat ja pituudet voidaan piirustuksista jälkikäteen todeta. Työnvalvoja kuittaa piirustuksiin tai erillisiin pöytäkirjoihin hyväksymiensä pulttustusten massamäärät työn etenemisen mukaan.

6.44 Kallion tiivistäminen injektoimalla

6.441 Yleistä

Injektointitarve määritellään työkohtaisissa asiakirjoissa. Kallion injektointi tehdään pääsääntöisesti ennen louhintaa tai louhintatyön keskeyttävänä esi-injektointina. Jälki-injektointia tehdään lisäksi tarvittaessa. Urakkaan kuuluvat massamäärät annetaan työkohtaisessa määräluettelossa.

Kallion esi-injektointiin ryhdytään seuraavissa tapauksissa:

- Suunnitelmissa on määrätty jokin alue esi-injektoitavaksi.
- Tunnustelureikien vesimenekit ylittävät työkohtaisissa suunnitelmissa määritellyn arvon.

- Tunnelitilojen tunnustelurei'issä havaitaan porausvaiheessa vesivuotoa, jolloin injektointi voidaan määrätä aloitettavaksi ilman vesimenekkimittauksia.

Injektoinnin maksuperusteina käytetään porareikien metrimäärää, sementtikiloja ja polyuretaanikiloja. Aikaa ei käytetä maksuperusteena ellei työkohtaisissa asiakirjoissa niin määrätä.

Ennen louhintatöiden aloittamista injektoidaan tunnelisuuaukkojen alueet tunneliot-siin ja myöhemmin mahdollisesti rakennettaviin teräsbetonirakenteisiin liittyviltä osiltaan suunnitelmissa osoitetussa laajuudessa. Avoleikkaukset injektoidaan pystyre'i'illä paljastetun luonnonkalliopinnan päältä ennen mitään louhintaa. Avoleik-kausten louhintojen valmistuttua injektoidaan tunneliavaukset työkohtaisissa suunnitelmissa määrättyyn etäisyyteen tunneliotsista lukien vaakaporausrei'illä injektointikaaviopiirustusten mukaan.

Systemaattiset esi-injektoinnit määritellään työkohtaisissa asiakirjoissa. Muualla injektointitarve todetaan tunnusteluporausten ja vesimenekkimittausten sekä työnaikaisten vesivuotohavaintojen perusteella.

Injektointiin ryhtymisestä tekee tilaaja tapauskohtaisesti lopulliset päätökset työn aikana todellisten olosuhteiden perusteella.

6.442 Tunnustelureiät

Tunnustelureikien poraaminen tehdään systemaattisesti koko tunnelin pituudella ellei työkohtaisissa asiakirjoissa ole toisin määrätty. Tunnustelurei'istä saatavaa tietoutta käytetään sekä injektointitarpeen määrittelyyn että ennakkotietona kal-liolaadun vaihteluista. Kunkin pilottitunnelin perän edellä viedään yhtä tunnustelu-reikää.

Tunnustelureikien pituudet määrätään työkohtaisessa suunnitelmassa. Uudet reiät porataan vähintään 4 metriä päällekkäin edellisten tunnustelureikien tai injektointi-reikien kanssa.

Tunnustelureikien poraamisesta on urakoitsijan pidettävä pöytäkirjaa, jossa tulee esittää seuraavat tiedot:

- poraajan nimi
- päivämäärä sekä aloitus- ja lopetuskelloajat
- reiän aloituskohta 1 metrin tarkkuudella sidottuna suunnitelmien mukai-siin paalulukemiin
- reiän koko ja suunta
- poraajan arviointi kallion laadusta
- havaitut raot ja rikkonaiset kallio-osuudet
- silmämääräinen arvio vuotovesimäärästä.

Kaikki tehdyt havainnot sidotaan reiän pituuteen reiän alkamiskohdasta lähtien. Pöytäkirjajäljennökset luovutetaan työvuoron päättyessä tilaajan valvojalle. Louhintaprofiilin ulkopuolelle ulottuvat tunnustelureikien osat injektoidaan sementtilaastilla.

6.443 Vesimenekkimittaukset

Tunnustelurei'issä tehdään vesimenekkimittauksia, joiden perusteella päätetään esi-injektointiin siirtymisestä. Vesimenekkimittauksia tehdään myöskin injektointirei'issä injektointiaineen valitsemisen vaatimassa laajuudessa. Vesimenekkimittausten urakkaan kuuluva kokonaismäärä annetaan työkohtaisessa määräluettelossa.

Vesimenekkimittaus tehdään yksitulppamenetelmällä riittävällä ylipaineella pohjavesipaineeseen verrattuna. Tulppa asennetaan riittävän syvälle reikään. Paineen on pysyttävä työkohtaisessa suunnitelmassa määrättyssä maksimiarvossa vähintään viisi minuuttia.

Vesimenekkimittauksen tulos esitetään tunnusteluporauspöytäkirjan yhteydessä. Vesimenekin lisäksi ilmoitetaan mahdolliset ohivuodot muihin reikiin tai tunnelitiilaan.

6.444 Injektointiaineet

Injektointiaineena käytetään pääsääntöisesti pikasementin ja veden seosta, joka notkistetaan. Pikasementti on SFS 3165 mukainen CEM II A 52,5 R. Notkistinlisä- aineen ja sen käyttömäärän esittää urakoitsija tilaajan hyväksyttäväksi. Sekoitettu massa on käytettävä ennen kuin notkistimen vaikutus alkaa vähentyä. Notkistin sekoitetaan veteen ennen sementin lisäämistä. Massassa käytetään vähäisessä määrin myös kiihdytinlisäainetta.

Avoimien rakojen ja vettä hyvin johtavien rikkonaisuusvyöhykkeiden injektointiin käytetään yleisementtiä CEM II A 42,5. Lisäaineet kuten pikasementissä. Injektointiin käytetään mikrosementtiä, mikäli työkohtaisissa asiakirjoissa niin edellytetään.

Polyuretaanipohjaista injektointiainetta, esimerkiksi TACSS 020 käytetään silloin, kun vastapainetta ei sementtejä käyttämällä saada syntymään. Polyuretaanipohjaista injektointiainetta voidaan käyttää myös paikallisten vuotojen jälki-injektointiin.

6.445 Injektointikalustot

Injektointikalustot kapasiteetti- ja tehotietoineen on esitettävä tilaajan hyväksyttäväksi ennen työn aloittamista.

Injektointipumppujen ja sekoittajien tulee olla konekäyttöisiä ja tällaisissa töissä yleisesti käytettyä tyyppiä.

Sekoittimien on oltava nopeasti pyöriviä, 1400 - 3000 rpm. Injektointipumppujen käyttöpaineen on oltava vähintään 3 MPa. Pumput varustetaan tarkistetuilla painemittareilla injektointipaineen mittaamista varten. Massan syöttämisessä on voitava käyttää palautusta. Painemittareiden tulee olla reikäkohtaisia. Pumpun ja sekoittimen välissä tulee käyttää hämmennintä.

Apulaitteiden tulee vastata muun laitteiston tehoa. Sementti-injektointiputkien sisähalkaisijoiden tulee olla vähintään 25 mm.

Polyuretaanipohjaisen injektointiaineen kaluston tulee olla työhön sopiva aineen valmistajan tai maahantuojaan kirjallisen ohjeen mukaan.

6.446 Injektointikaaviot ja reikien poraaminen

Injektointireiät porataan työkohtaisissa injektointikaaviopiirustuksissa esitettyjen kaavioiden tai paikalla erikseen sovittavan mukaan. Kaikki kaavioiden mukaiset reiät pyritään poraamaan yhdellä kertaa täyteen pituuteensa. Hankalissa kallioolosuhteissa poraus- ja injektointityö tehdään vaihteittain lyhyemmissä osissa ja poraamalla aluksi vain osa kaavion mukaisista rei'istä. Injektoitua aluetta tulee perän edessä olla vähintään 4 metriä.

Injektointireikien porauksesta on pidettävä pöytäkirjaa samoin kuin tunnustelu-rei'istä on edellä määrätty.

6.447 Injektointityö

Reiät huuhdellaan ennen injektoinnin aloittamista. Reikiin asennetaan injektointitulpat kallion rikkonaisuudesta riippuen 1 - 3 metriä kallion sisään.

Jäljempänä annetut injektointiohjeet ovat yleisohjeita, joita muutetaan ja tarkennetaan injektointityöstä saatavien kokemusten perusteella kuhunkin työhön soveltuviksi.

Injektointilaastit tehdään jäykiksi ja ne notkistetaan. Lisäksi käytetään vähäisessä määrin kiihdytinlisäainetta. Vesisementtisuhde määrätään työkohtaisessa suunnitelmassa. Käytettävä sementti valitaan kallioperätutkimusten ja vesimenekkimittausten perusteella.

Jos vastapainetta ei saada kehittymään työkohtaisessa suunnitelmassa määrätyn sementtimäärän jälkeen, jäykennetään laastia ja siirrytään käyttämään yleisementtiä. Mikäli vastapaine ei tällöinkään kehity, pumpataan reikään polyuretaanipohjaista injektointiainetta. Polyuretaanin kovettua injektointia jatketaan sementillä. Polyuretaanipohjaisen injektointiaineen käytöllä rajoitetaan injektoituvan kallion laajuutta.

Mikäli paine äkillisesti nousee työkohtaisessa suunnitelmassa ilmoitettuun maksimiarvoon, keskeytetään injektointi, reikä huuhdellaan ja injektointi aloitetaan

välittömästi uudelleen. Mikäli paine jälleen nousee nopeasti annettuun maksimiarvoon reikä katsotaan injektoiduksi.

Injektointityö on em. tilanteita ja ylivoimaisia esteitä lukuunottamatta tehtävä keskeyttämättä valmiiksi. Reiät on aina huuhdeltava silloin, kun injektointi joudutaan keskeyttämään.

Seuraavan katkon louhintareikien porauksen saa aloittaa välittömästi esi-injektointin päättymisen jälkeen. Räjähdyttäminen on sallittu sen jälkeen kun injektointimassa on saavuttanut lujuuden 15 MPa. Injektointijätteet poistetaan tunnelitiloista työn etenemisen mukaan.

6.448 Injektoinnin laadunvalvonta

Injektointilaastista työmaalla tehtävät tutkimukset määritellään työkohtaisissa asiakirjoissa. Laastista voidaan tutkia juoksuraja, Marsh-suppilokokeen aika, suotokyky, veden erottuminen, sitomisaika ja leikkauslujuus. Tutkimusmenetelmien tulee olla yksinkertaistettuja ja työmaaolosuhteisiin sopivia.

6.449 Injektointitöiden kirjaaminen

Injektointityöstä pidetään pöytäkirjaa, josta luovutetaan kopiot työn etenemisen mukaan tilaajalle. Pöytäkirjaan liittyvinä piirustuksina käytetään tunnelin pohja- ja/tai pituusleikkauspiirustuksia, joista tilaaja toimittaa tarpeellisen määrän kopioita kirjaamisia varten. Työn päättyessä tiedot siirretään tilaajan toimittamille kuultokopioille, jotka allekirjoitettuna luovutetaan takaisin tilaajalle. Samalla luovutetaan kansioituina kaksi sarjaa em. piirustusten kopioita ja injektointipöytäkirjoja.

6.45 Ruiskubetonointi

6.451 Yleistä

Urakoitsija laskee ja ottaa tarjouksessaan huomioon piirustuksissa osoitettujen ruiskubetonointien työ- ja massamenekit työkohtaisten asiakirjojen mukaan. Suunnitelmien mahdollisesti muuttuessa lasketaan massamäärämuutokset teoreettisten mittojen mukaan. Hinnoittelu on yksikköhintaluettelon mukainen.

Piirustuksissa osoitettujen ruiskubetonointien lisäksi kuuluvat urakkaan määräluettelossa annetut ruiskubetonointityöt, joiden osalta noudatetaan seuraavaa:

- Määräluetteloon sisältyvistä ruiskubetonointitöistä maksetaan urakoitsijalle todellisen tehdyn työn mukaan yksikköhintaluettelon mukaisilla yksikköhinnoilla.
- Määräluetteloon sisältyvien ruiskubetonointien käytöstä päättää aina lopullisesti tilaaja.

- Määräluetteloon sisältyvien ruiskubetonitöiden tekeminen ei vähennä piirustusten mukaan tehtäviä ruiskubetonitöitä ja massamääriä, vaan pinnat käsitellään ja ruiskubetonoidaan samoin kuin paljaat kalliopinnat.

Ruiskubetonointitöissä noudatetaan julkaisua BY 29 "Ruiskubetoniohjeet 1993" /12/ niiltä osin kuin tämä selitys ei julkaisusta poikkea.

Räjäytysten suorittaminen on ilman pakottavaa tarvetta kielletty 100 metriä lähempänä lopullista ruiskubetonia sekä työn aikana että sen jälkeen. Jos räjäytyksiä kuitenkin joudutaan lähempänä suorittamaan, tulee ruiskubetonin puristuslujuuden räjäytyshetkellä olla vähintään 25 MPa ja ruiskubetonipinnat tulee suojata räjäytysten vaikutuksilta. Edellä sanotusta riippumatta vastaa urakoitsija täysin lopullisen ruiskubetonin asianmukaisuudesta.

Ruiskubetonoinnin saa tehdä joko kuivaseosmenetelmällä tai märkaseosmenetelmällä ellei työkohtaisissa asiakirjoissa toisin määrätä. Lopputuloksen laatuvaatimukset ja rakennepaksuudet ovat kummallekin menetelmälle samat.

Ruiskubetonoitavat pinnat on esikäsiteltävä ruiskubetoniohjeiden /12/ kohdan 5.5.1 mukaan.

Ruiskubetonointitöitä ei saa aloittaa ennen kuin louhinnan oikeellisuus on todettu sekä pultitus- ja injektointityöt on loppuun suoritettu ao. alueella.

6.452 *Louhintatyön aikainen ruiskubetonointi*

Työnaikaista ruiskubetonointia tehdään silloin, kun kalliolaatu on niin heikkoa, että louhinta on keskeytettävä ruiskubetonilujitusten tekemistä varten.

Kaikki ruiskubetonoinnista annetut määräykset koskevat myös työnaikaista ruiskubetonia seuraavia poikkeuksia lukuunottamatta:

- Kiihdytin saa alentaa työnaikaisen ruiskubetonin loppulujuutta enintään 30%.
- Työnaikaisen ruiskubetonin tulee saavuttaa riittävä lujuus ennen kuin sen läheisyydessä saa räjäyttää. Työnaikaiseen ruiskubetoniin räjäytysten mahdollisesti aiheuttamat vauriot korjataan seuraavan ruiskubetonointikerran yhteydessä. Irronnut ja vaurioitunut ruiskubetoni poistetaan.
- Työnaikaista ruiskubetonia ei salaojiteta, vaan salaojat asennetaan tarpeen mukaan työnaikaisen ruiskubetonin päälle varsinaisessa ruiskubetonointivaiheessa.

Huomautus:

Ruiskubetonilujitus ei ole työnaikaista ruiskubetonointia niiltä osin kuin se tehdään louhintatyöhön liittyvänä rakenteellisena ruiskubetonointina työkohtaisten työjärjestysuunnitelmien mukaan. Näihin ruiskubetonointeihin ei ilman tilaajan eri lupaa saa

soveltaa edellä sanottuja teknisiä poikkeuksia. Näiden ruiskubetonointien pintoihin ruiskutetaan varsinaisessa ruiskubetonointivaiheessa 20 mm:n paksuinen raudoittamaton ruiskubetonikerros pinnan korjaamisen ja siistimisen vaatimassa laajuudessa. Rakenneaurioituneilla alueilla korjaamistavat määritellään paikalla pidettävässä katselmuksessa. Kaikki etukäteen suunniteltujen ruiskubetonirakenteiden kustannusvaikutukset tulee louhinnan keskeytyksineen sisällyttää urakkatarjoushintaan.

6.453 *Ruiskubetonin ainesosat ja lisäaineiden käyttö*

Ruiskubetonin nimellislujuus on K35, betoninormien mukainen rakenneluokka 2 ja ruiskubetoniohjeiden /12/ mukainen laatuluokka II ellei työkohtaisessa suunnitelmassa toisin esitetä.

Sementtinä käytetään sementtiä CEM I 52,5 SFS 3165 mukaan (Mega-sem. tai vast).

Runkoaineen tulee olla ruiskubetoniohjeiden /12/ kohdan 3.1.2 mukaista. Suurin raekoko määrätään työkohtaisessa suunnitelmassa. Runkoaineen rakeisuuskäyrä tulee esittää tilaajan hyväksyttäväksi.

Veden tulee täyttää betoninormeissa /13/ asetetut vaatimukset. Vesimäärän on oltava mahdollisimman alhainen, enintään 180 kg/m³.

Märkaseosmenetelmää käytettäessä ei massa saa olla notkeampaa kuin notkeusluokka veteli, 1...2 sVB, painuma 150...100 mm.

Mineraalisten seosaineiden käytön osalta noudatetaan ruiskubetoniohjeiden /12/ kohtaa 3.1.3 ja lisäaineiden käytön osalta kohtaa 3.1.5.

Valmistuksessa ja kuljetuksessa noudatetaan ruiskubetoniohjeiden /12/ kohtaa 5.4.

Massan ainesosat tulee valita ja suhteitus tehdä siten, että lopputulos on vesitiivis ruiskubetoni.

Käytettävällä kiihdyttimellä tulee olla hyväksytyssä koestuslaitoksessa tehtyihin kokeisiin perustuva varmennettu käyttöseloste, jonka tulee olla työmaalla.

Kiihdyttimen loppulujuutta alentava vaikutus tulee ottaa suhteituksessa huomioon siten, että suhteituslujuus valitaan vastaavasti suuremmaksi. Kiihdyttimen suurin annosmäärä tulee rajoittaa sellaiseksi, että loppulujuus alenee enintään 20% verrattuna kiihdyttämättömän ruiskubetonin loppulujuuteen.

Ruiskutuslaitteistoon tulee sisältyä kiihdytinlisäaineen annostelulaitteisto ruiskubetoniohjeiden /12/ luvun 4 mukaan. Käytetty kiihdyttimen kokonaismäärä tulee työvuorokohtaisesti kirjata ja ilmoittaa työnvalvojalle.

6.454 Täyttöruiskubetoni

Täyttöruiskubetoni on raudoittamatonta tai raudoitettua ruiskubetonia, joka tehdään ilman nimellistä paksuusvaatimusta. Täyttöruiskutuksessa ruiskubetonin rakennepaksuus vaihtelee ruiskubetonoitavan alueen sisällä kalliolaadun ja kalliopinnan epätasaisuuden mukaan. Täyttöruiskubetonin maksuperuste on aina todellisten käytettyjen kuutiometrien määrä. Kuivaseosmenetelmässä määrä mitataan betonitehtaalta toimitettuina kuiva-aineskuutiometreinä ja märkaseosmenetelmässä betonitehtaalta toimitettuina betonimassakuutiometreinä. Raudoitus tehdään kuivaseosmenetelmää käyttäessä teräsverkolla ja märkaseosmenetelmää käyttäessä teräskuiduilla. Määrät ja vastaavuudet työkohtaisten suunnitelmien mukaan. Urakkaan kuuluvat määrät annetaan työkohtaisessa määräluettelossa.

6.455 Ruiskubetonin salaojitus ja jäätymissuojaukset

Ruiskubetonoitavat pinnat salaojitetaan työkohtaisten suunnitelmien mukaan. Myöhemmin rakennettavien kallioon rajoittuvien betonirakenteiden kohdille ei salaojia kuitenkaan saa asentaa.

Salaojia asennetaan sellaisiin kohtiin, joissa on havaittavissa selvää vesivuotoa joko kalliopinnalla tai jo ruiskubetonoidulla pinnalla.

Salaojien urakkaan kuuluva kokonaismäärä annetaan työkohtaisessa määräluettelossa ja ohjeellinen rakennetyyppi työkohtaisessa salaojan rakennepiirustuksessa. Mikäli urakoitsija haluaa muuttaa rakennetyyppiä, tulee muutettu rakennetyyppi hyväksyttää rakennuttajalla.

Salaojat asennetaan tiiviisti kalliopintaa tai jo tehtyä ruiskubetonipintaa vasten. Salaojilla on oltava jatkuva pituuskaltevuus siten, että vesi patoutumatta poistuu salaojia pitkin ja imeytyy salaojituserrokseen. Urakoitsija merkitsee salaojien kulkulinjat pintoihin ja hyväksyttää ne tilaajan valvojalla ennen asennustyön aloittamista.

Salaojat kiinnitetään niin tiheästi ja lujasti pintoihin, että ne eivät suihkun voimasta tai ruiskubetonin painosta siirry tai irtaudu pinnoista. Ruiskubetoni ei saa tunkeutua salaojan ja salaojitetun pinnan väliin. Salaojan tulee täydellisenä jatkua vähintään 0,5 metriä pohjan salaojituserroksen sisään. Seinä- ja pohjapinnan taitteessa salaojan kaarresäteen tulee olla niin suuri, että vesi patoutumatta jatkaa pohjaosuudelle.

Salaojan kohta on aina raudoitettava tai ruiskubetonoitava teräskuitubetonilla riippumatta siitä sisältyykö ao. pinnan ruiskubetonin rakennetyyppiin raudoitusta tai teräskuitubetonia vai ei. Salaojan rakenteeseen sisältyvää verkkoa ja kiinnitysverkkoa ei katsota suunnitelmissa määrätyn ruiskubetonin rakennetyypin raudoitukseksi.

Salaojan kohdalla tulee rakennepaksuuden ja raudoituksen olla ao. kohtaan työkohtaisissa suunnitelmissa määrätyn rakennetyypin mukainen. Salaojapiirustuksessa annetut rakennepaksuudet ja raudoitukset ovat vähimmäisvaatimuksia.

Ruiskubetonisalojien jäätyminen estetään työkohtaisten asiakirjojen mukaan.

6.456 *Ruiskubetonin rakennetyypit ja raudoitukset*

Ruiskubetonin rakennetyypit (lujuusluokka, rakenneluokka, paksuus, raudoitus, ruiskutuskertojen määrä) ja niiden käyttöalueet määritellään työkohtaisissa asiakirjoissa. Louhintatyönaikaista ruiskubetonia ei saa ottaa huomioon rakennetyyppien mukaisia paksuuksia mitattaessa, vaan täyttöruiskutettu pinta rinnastetaan paljaaseen kalliopintaan.

Ensimmäisen ruiskutuskerran paksuusvaihteluvälin tulee olla 10 - 25 mm. Muiden kerrosten paksuusvaihteluvälin tulee olla 20 - 35 mm. Kerrosten lukumäärät annetaan rakennetyypeittäin.

Mahdollinen raudoitusverkko asennetaan ensimmäisen tai toisen ruiskutuskerran jälkeen rakennepaksuudesta ja raudoitusasteesta riippuen. Raudoitusverkon betonipeitteen paksuus määrätään työkohtaisessa suunnitelmassa. Raudoitusverkko taivutetaan kalliopintaa myötäileväksi ja limitetään työkohtaisen suunnitelman määräysten mukaan. Verkko kiinnitetään joko pulteilla tai edelliseen ruiskubetonikerrokseen ankkuroiduilla sidelangoilla, joita tulee olla 5 kpl/m².

Raudoitusverkko voidaan korvata teräskuiduilla, joiden tulee olla ruiskubetoniohjeiden /12/ kohdan 3.2 mukaisia. Koko rakennepaksuuden tulee olla kuidutettua ruiskubetonia lukuun ottamatta viimeistä 30 mm:n paksuista kerrosta, joka ruiskutetaan ilman kuitua.

Käytettävällä kuidulla tulee olla Suomen Betoniyhdistys r.y:n hyväksymä käytöseloste. Käytettävä kuitumäärä valitaan käyttöselosteen mukaan siten, että kokeilla määritellyt ASTM C 1018 mukaiset sitkeysindeksit ovat $I_{10} \geq 6$ ja $I_{20} \geq 12$. Kuitumäärän valmiissa rakenteessa tulee kuitenkin olla vähintään 45 kg/m³.

Työkohtaisissa suunnitelmissa esitetään erikseen ne ruiskubetonin rakennetyypit, jotka raudoitetaan jäykällä harjateräsverkoilla. Näiden rakennetyyppien raudoitteita ei saa korvata kuiduilla. Kalliopintojen tasaisuusvaatimukset (täyttöruiskutusoikaisut) sekä raudoitteiden taivutus-, sitomis-, jatkospituus- ja betonipeitevaatimukset esitetään työkohtaisissa suunnitelmissa.

6.457 *Ruiskubetonointityö ja jälkihoito*

Ruiskubetonointityö ja ruiskubetonin jälkihoito tehdään noudattaen ruiskubetoniohjeiden /12/ kohtia 5.5.1, 5.5.2 ja 5.5.6 tässä selityksessä annetut poikkeukset ja lisäohjeet huomioon ottaen.

Työ on tehtävä siten, että lopputuloksena on yhtenäinen ja vedenpitävä ruiskubetonirakenne. Ellei vedenpitävyysvaatimusta aseteta, tulee se mainita työkohtaisissa

asiakirjoissa. Valmiin pinnan tulee olla tasalaatuinen ja yhdennäköinen runkoaine-
sen maksimiraekoon asettamien rajoitusten puitteissa.

Työ on virheellistä, jos ruiskubetonin pinta on rakkulainen, jyrkästi nystermäinen tai
poimuileva. Ruiskubetoni ei saa irtautua alustastaan. Virheellinen ruiskutus on
poistettava pinnasta alemmaa kerrosta vahingoittamatta ja korvattava uudella
ruiskutuksella.

Jälkihoito tehdään vesikastelulla. Jälkihoitoaineita ei saa käyttää ellei tilaaja anna
siihen lupaa erikseen. Kaikkia ruiskutuskerroksia tulee jälkihoitaa. Kastelua on
tehtävä niin usein, että pinnat pysyvät tummina. Vaaleat läiskät ovat merkki
kuivumisesta. Kasteluväli ei saa ylittää 12 tuntia ellei työnvalvoja erikseen totea
pitempää väliä mahdolliseksi. Jälkihoitoa jatketaan kunnes ruiskubetoni on saavutta-
nut 80% nimellislujuudestaan.

Ruiskubetonin hukkaroiske poistetaan työn etenemisen mukaan.

6.458 Ruiskubetonointi lämmöneristeen päälle

Lämmöneristeen mekaaniseksi ja palosuojaksi tehtävä ruiskubetonikuori tehdään
noudattaen työkohtaista suunnitelmaa ja tämän selityksen muita kohtia sekä
seuraavia lisäohjeita:

- Ruiskubetonikuoren minimipaksuus on 70 mm.
- Ruiskubetonikuori raudoitetaan harjateräsverkolla työkohtaisen suunnitel-
man mukaan. Suojabetonipeitteen paksuus määrätään työkohtaisessa
suunnitelmassa. Suojabetonipeitteen minimi on 25 mm. Raudoitustyöt
tehdään betoninormeja noudattaen. /13/.
- Ruiskubetonikuori varustetaan työkohtaisen suunnitelman mukaisilla
kutistumis- ja liikuntasaumoilla, jotka tulee sijoittaa ainakin niihin kohtiin,
joissa kalliopinnasta erillinen ruiskubetonikuori liittyy kiinteään kalliopin-
taan.
- Lämmöneristeen värähtelyhaittojen eliminoimiseksi ruiskubetonointi aloi-
tetaan ruiskuttamalla ensin ruiskubetonikaistat lämmöneristeen runko-
juoksujen kohdille. Kaistoja laajennetaan vähitellen siten, että värähtely ei
aiheuta ruiskubetonin irtoamista tai löyhtymistä.
- Pintakerros ruiskutetaan käyttäen kuivamenetelmää ja hienorakeista ruis-
kubetonimassaa työkohtaisen suunnitelman mukaan.

6.459 Laadunvalvonta ja kelpoisuuden toteaminen

Laadunvalvontaa tehdään koko työn ajan ruiskubetoniohjeiden /12/ luvun 6 mu-
kaan. Valmiille pinnoille aiheutetut vauriot ja kolhiintumat korjataan ruiskuttamalla
päälle 20 mm:n kerros uutta ruiskubetonია. Alustastaan irronnut ruiskubetoni on
poistettava ennen korjausruiskutusta.

Vesitiiviys

Ruiskubetonipintojen tulee olla vedenpitäviä ellei työkohtaisissa asiakirjoissa ole muuta mainittu. Ruiskubetonin vedenpitävyys todetaan silmämääräisesti ja vuodot korjataan työn aikana sitä mukaa kuin ne havaitaan.

Korjaaminen tehdään asentamalla vuotokohdan päälle uusi täydellinen ruiskubetonisaloja, joka ulotetaan vuotokohdasta lattian salaojituserrokseen. Uusi salaoja tehdään ruiskubetonisalojapiirustuksen mukaan verkkoraudoitettuna. Salaojasta maksetaan urakoitsijalle todellisen käytetyn määrän mukainen korvaus, joten nämäkin salaojat sisältyvät kallionlujitustöiden määräluetteloon. Kaikki muut kustannukset jäävät urakoitsijan vastattaviksi.

Vuotokohtia voidaan tilaajan luvalla korjata myös jälki-injektoimalla sementti- tai polyuretaanipohjaisella injektointiaineella.

Ruiskubetonin tiheys, puristuslujuus ja tartuntalujuus

Ruiskubetonin puristuslujuus tutkitaan märkaseosmenetelmää käytettäessä sekä normikokein että ottamalla näytteet valmiista rakenteesta.

Kuivaseosmenetelmää käytettäessä ruiskubetonin puristuslujuus tutkitaan ottamalla näytteet valmiista rakenteesta.

Normikokeet tehdään ruiskubetoniohjeiden /12/ kohdan 7.2 ja betoninormien /13/ mukaan.

Näytteet valmiista rakenteesta otetaan ruiskubetoniohjeiden /12/ kohdan 7.4 ja betoninormien /13/ mukaan. Arvosteluerät ja arvosteluerää kohden tehtävien kelpoisuuskoe-kappaleiden vähimmäismäärät ovat ruiskubetoniohjeiden taulukon 7.3 mukaiset.

Näytteet irrottaa, valmistaa ja koestaa hyväksytty koestuslaitos. Urakoitsija huolehtii työn tilaamisesta ja maksaa tutkimuskustannukset. Koestuslaitoksen tutkimusraporttien alkuperäiskappaleet toimitetaan tilaajalle. Vertailulujuuslaskelmien laatiminen ja hyväksyttäminen tilaajalla kuuluvat urakkaan.

Ruiskubetonin tiheys määritellään rakennekoekappaleista. Tiheyden tulee olla vähintään 2200 kg/m^3 . Yksikään koekappale ei saa alittaa em. arvoa.

Urakoitsija paikkaa koekappaleiden irrotuskohdat siten, että ne ovat tiiviit ja yhdenmukaiset ympäröivän pinnan kanssa.

Tartuntaa valvotaan työtapatarkkailuna ja koputuskokein. Tartuntalujuuskokeita tehdään, jos työkohtaisessa suunnitelmassa on kokeita määrätty tehtäväksi tai jos on

perusteltua syytä epäillä ruiskubetonin tartuntaa kallioon tai eri kerrosten välistä tartuntaa.

Kerrospaksuuksien mittaaminen

Ruiskubetonin paksuudet mitataan valmiiseen ruiskubetoniin poratuista rei'istä. Urakoitsija poraa yhden halkaisijaltaan 20 mm:n reiän jokaista alkavaa 100 m²:n ruiskubetonipintaa kohti. Reiät huuhdellaan porauspölystä puhtaiksi. Työnvalvoja osoittaa reikien paikat ja mittaa paksuudet. Urakoitsija järjestää valaistuksen ja telineet. Urakoitsijan työnjohtajan tulee osallistua mittaamiseen ja hyväksyä mittaus-tulokset. Tarkistusreiät urakoitsija paikkaa välittömästi vedenpitäviksi.

Vaadittujen kerrospaksuuksien alittamisia ei sallita. Jos alituksia havaitaan porataan ao. alueelle lisää reikiä siten, että liian ohueksi jäänyt alue tulee rajatuksi.

Liian ohueksi jääneille alueille ruiskutetaan lisäkerroksia siten, että vaaditut kerros-paksuudet täyttyvät.

Toimenpiteet epätyytyttävän laadun johdosta

Tämä kohta koskee puristuslujuutta ja tartuntalujuutta. Muilta osin toimenpiteet on selostettu ao. kohdissa tässä selityksessä.

Epätyytyttävän laadun johdosta tehdään betoninormien määräämät toimenpiteet ja noudatetaan jäljempänä annettuja lisäohjeita.

Alustastaan irronneksi todettu ja harva tai erottunut ruiskubetoni tai sen osakerros poistetaan kauttaaltaan ja korvataan kokonaan uudella ruiskubetonoinnilla. Uusi ruiskubetonointi tehdään kaikilta osiltaan tämän selityksen mukaan.

Niille alueille, joilla ruiskubetonin puristuslujuus ei täytä asetettuja vaatimuksia, ruiskutetaan lisäkerroksia tai uusitaan koko rakenne sen mukaan kuin asetettuja vaatimuksia on alitettu.

Ruiskubetonitöiden dokumentointi

Urakoitsija laatii ruiskubetonitöistä tarkepiirustukset tilaajan toimittamille kuultokopioille.

Tarkepiirustuksiin merkitään seuraavat asiat:

- Salaojien sijainnit, kulku ja pituudet siten, että käytetty kokonaismäärä voidaan laskea.
- Koekappaleiden irrotuskohdat, tunnuksat ja irrotuspäivämäärät.
- Täyttöruiskutusten käyttömäärät alueittain ja pinnoittain eriteltyinä.
- Rakennetyyppien käyttömäärät alueittain ja pinnoittain eriteltyinä.

- Paksuusmittausreikien porauskohdat mittaustuloksineen ja päivämäärineen.

Allekirjoitetut kuultokopiot ja kaksi sarjaa niistä otettuja kansioituja kopiosarjoja luovutetaan tilaajalle ruiskubetonitöiden päättyessä.

6.46 Muut kallionlujitustyöt

Muut kallionlujitustyöt, esimerkiksi kalliota tukevat teräsbetonirakenteet tehdään työkohtaisten suunnitelmien mukaan.

6.5 POHJAPINTOJEN KÄSITTELYT

6.51 Käsittelyvaihe

Pohjapintojen käsittelyt tehdään viimeisenä työvaiheena kallionlujitustöiden jälkeen elleivät erityiset syyt muuta vaadi. Tavoitteena on saada kallion lujitus- ja tiivistystöiden sementti- ym. hienoainespitoiset massat mahdollisimman tarkoin poistetuiksi ennen kuivatusjärjestelmien asennustöitä.

Kohdassa 6.323 esitetyt tarkemittaukset ja louhinnan lopputuloksen toteaminen ja hyväksyminen tulee kuitenkin tehdä ennen sellaisia työvaiheita, jotka vaikeuttavat mahdollisesti tarvittavia lisälouhintoja.

6.52 Rakenteiden perustamistasot ja tukeutumispinnat

Kalliotiloihin ja suuaukkojen avoleikkauksiin louhinnan jälkeen rakennettavat teräsbetonirakenteet esitetään työkohtaisissa suunnitelmissa.

Teräsbetonirakenteiden kiinteään kallioon suunnitellut perustamistasot ja tukeutumispinnat kaivetaan auki, rusnataan ja puhdistetaan. Puhdistettavan ja rusnattavan kaistan leveys = rakenteen leveys + yksi metri. Kalliorintauksen reunoille tulevien rakenteiden perustamistasot puhdistetaan rintauksen reunaan saakka.

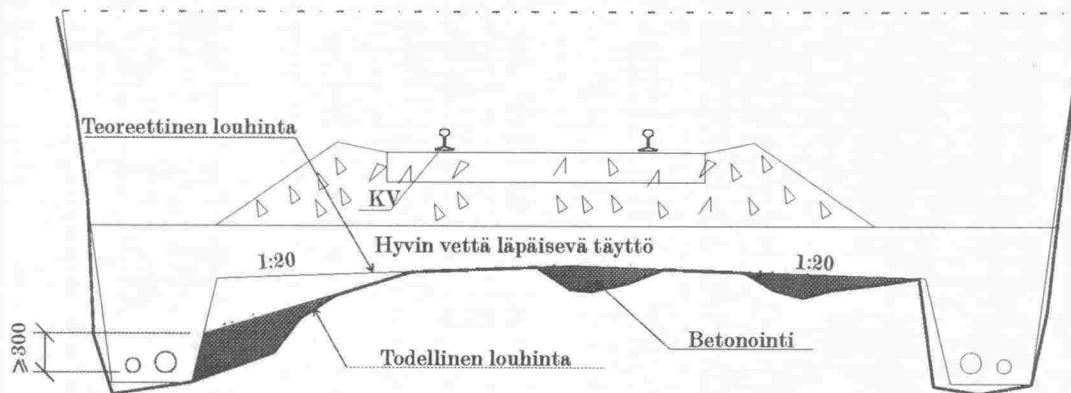
Puhdistuksen jälkeen pidetään pohja- ja rakennekatselmus, jossa todetaan perustamistasojen ja tukeutumispintojen kelvollisuus sekä määrätään mahdollisesti tarvittavat lisälouhinnat tai lujitukset. Louhintaurakkaan sisältyy perustamistasojen ja tukeutumispintojen tekeminen sellaisiksi, että rakenteet voidaan liittää kallioon ilman lisälouhintoja tai lujitustoimenpiteitä.

6.53 Betonoitavat kalliopohjat

Työkohtaisissa suunnitelmissa osoitetaan ne kalliopohjat, joilla vettä keräävät syvennykset ja kuivatustason alapuolelle louhitut pohjat betonoidaan routimisen estämiseksi.

Betonoitaviksi määrättyt kalliopohjat puhdistetaan kauttaaltaan louhintajätteestä ja rusnataan. Loppupuhdistus tehdään korkeapainevesisuihkua ja paineilmapuhallusta käyttäen. Pohjat tarkastetaan puhdistuksen jälkeen. Tarkastuksen yhteydessä määrätään tehtävät lisälouhinnat siten, että routivia materiaaleja, kerroksia tai rakoja ei pohjalle jää. Lisälouhitut pohjat puhdistetaan kuten edellä.

Puhdistettua pohjaa ei tarvitse betonoida kauttaaltaan. Kaikki sellaiset syvennykset, joissa vesi pysyy, betonoidaan. Kaikki ne alueet, jotka ovat suunnitellun kuivatustason alapuolella, betonoidaan siten, että betonoitu pinta on vähintään 300 mm kuivatustason yläpuolella. Betonivalun yläpinta oikaistaan ja kallistetaan siten, että vesi poistuu suunniteltuun kuivatusjärjestelmään, ks. kuva 6.5:1./4/.



Kuva 1 Pohjan betonointi eristämättömässä kallioleikkauksessa

Ennen betonointia tulee mittauksilla varmistaa, että louhintaa ei enää tarvitse suorittaa.

Betonointityöt tehdään betoninormien ja ohjeiden /6, 12/ mukaan. Betonin lujuusluokka on K30-2 ja pakkasenkestävyysluokka P20 ellei työkohtaisissa suunnitelmissa ole toisin määrätty.

Betonoinnin jälkeen pohja tarkastetaan runsaan vesisateen tai kastelun jälkeen. Tarkastuksessa todetaan, että vettä keraavia kohtia ei jää, ja määrätään mahdollisesti tarvittavat jatkotoimenpiteet. Valmiiden pohjien tulee täyttää seuraavat vaatimukset:

- Pohja ei saa missään kohdassa olla suunnitelman mukaista tasoa ylempänä.
- Vesi ei saa seisoa eikä patoutua pohjalle, vaan sen tulee aina poistua kuivatusjärjestelmään.
- Valmiin pohjan tason tulee aina olla vähintään 300 mm kuivatustason yläpuolella ellei työkohtaisessa suunnitelmassa toisin määrätä.

Betonoidut pohjat tasataan tarkastuksen ja hyväksymisen jälkeen työkohtaisissa suunnitelmissa osoitettuihin tasoihin työkohtaisissa suunnitelmissa määrättyllä routimattomalla ja hyvin vettä läpäisevällä täyttömateriaalilla.

6.54 Tasattavat louhintapohjat

Tämä kohta koskee niitä alueita, joilla kalliopohjaa ei työkohtaisissa suunnitelmissa ole määrätty kaivettavaksi esiin ja puhdistettavaksi. Näitä pohjia ovat lämpöeristettävät pohjat ja massanvaihtoa varten ylisyviksi louhitut pohjat tai sellaiset pohjat, joilla routimisesta ei aiheudu haittaa.

Kaikki ruiskubetonin hukkaroiske sekä pultitus- ja tiivistystoimenpiteistä jääneet sementtipitoiset massat tai muut hienoainespitoiset massat, jotka voivat aiheuttaa

kuivatusjärjestelmän tukkeutumista, tulee poistaa pohjapinnoilta ja ajaa pois rakennuspaikalta.

Louhitut pohjat tasataan työkohtaisten suunnitelmien mukaisiin leikkaustasoihin louhintamassoista välillä erotetulla hienolouheella 0 - 300 mm. Pohjaurat, kuopat ja syvennykset kaivetaan auki ja niiden pohjat tasataan vastaavasti. Kalliotilojen ja avoleikkausten pohjat on tasattava piirustuksissa esitettyihin leikkaustasoihin siten, että pohja saa olla enintään 150 mm teoreettisen leikkaustason alapuolella, mutta ei millään kohdalla sen yläpuolella.

6.55 Siirtymärakenteet

Äkilliset kalliopohjien korkeusmuutoskohdat tulee suunnitella ja rakentaa kuten siirtymärakenteet RMYTL:n osaa 5 "Leikkaus-, pengerrys- ja alusrakennetyöt" noudattaen /5/.

6.56 Tyypipoikkileikkaukset

Poikkileikkaukset suunnitellaan ja rakennetaan noudattaen RAMO:n osassa 3 "Radan rakenne" ja osassa 18 "Rautatietunnelit" esitettyjä normaalipoikkileikkauksia.

Käytettävät rakennetyypit esitetään työkohtaisessa suunnitelmassa.

6.6 MUUT KALLIORAKENNUSVAIHEEN TYÖT

6.61 Suurreikäporaukset

Työkohtaisissa asiakirjoissa määritellään porattavat suurreiät ja niiden poraustarkkuusvaatimukset. Suurreikien avautumiskohdat on suojattava siten, että reiät pysyvät avoimina eikä onnettomuuksia pääse tapahtumaan. Reikien sijainnit tarkistetaan työn alkaessa. Reikien poraamista kalliopainanteisiin tulee välttää. Tarvittaessa reikien kohdille tehdään betonivalut, joilla estetään veden ja vieraiden aineiden kulkeutuminen reikiin. Betonirakenteet sekä suurreikien sisäputket juotosbetonointineen tehdään työkohtaisten suunnitelmien mukaan.

6.62 Tilaajalle luovutettavat väliaikaisrakenteet

Tilaajalle luovutetaan työn päättyessä työkohtaisissa asiakirjoissa määrätty väliaikaisrakenteet ja laitteet. Näitä ovat esimerkiksi suojarakenteet, aidat, tunnelitilojen valaistus ja kuivanapitovarusteet.

6.63 Kalliorakennusvaiheessa tehtävät rakennustekniset työt

Kalliorakennusvaiheessa tehtävät rakennustekniset työt määritellään työkohtaisissa asiakirjoissa.

Kalliotunneleiden suuaukkorakenteista sekä veden- ja lämmöneristysrakenteista laaditaan aina tunnelikohtaiset suunnitelmat työselityksineen. Suuaukko- ja verhouksrakenteiden suunnitteluperusteet on esitetty RAMO:n osassa 18 "Rautatietunnelit" /6/.

6.7 KELPOISUUSKIRJA

Urakoitsijan tulee kustannuksellaan hankkia kaikki sopimusasiakirjoissa mainitut todistukset ja koetulokset, jotka ovat tarpeen työtuloksen kelpoisuuden osoittamiseksi. Ne on järjestettävä kelpoisuuskirjaksi, joka luovutetaan tilaajalle viimeistään vastaanottotarkastuksessa. Koetulosten ja todistusten lisäksi kelpoisuuskirjaan on työvaiheittain kirjattava sellaiset rakennusaineita ja työtä koskevat tiedot, joilla voi olla merkitystä rakenteen ominaisuuksien selvittämisessä myöhemmin.

Kaikki tarkemittaustulokset ja tarkepiirustukset sekä laadunvarmistussuunnitelmat sekä raportit laadunvarmistuksen toteutumisesta liitetään kelpoisuuskirjaan.

VIITTEET

- /1-5/ Rautateiden maarakennustöiden yleiset työselitykset ja laatuvaatimukset RMYTL, osat 1 - 5, Ratahallintokeskus:
- /1/ Osa 1 "Yleinen osa"
- /2/ Osa 2 "Alustavat työt"
- /3/ Osa 3 "Perustamis- ja vahvistamistyöt"
- /4/ Osa 4 "Kuivatustyöt"
- /5/ Osa 5 "Leikkaus-, pengerrys- ja alusrakennetyöt"
- /6/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet RAMO, Ratahallintokeskus
- /7/ Suomen rakentamismääräyskokoelma, Sisäasiainministeriö / Ympäristöministeriö
- /8/ Louhintatöiden sallitut tärinäärvot sähköistetyllä radalla, Valtionrautatiet, Ratayksikkö, Georyhmä 8.12.1994
- /9/ Tuettujen kaivantojen suunnittelu rautatiealueiden kaivantotöissä, VR, Ratayksikkö, Georyhmä 15.4.1993
- /10/ Tuettujen kaivantojen rakentaminen rautatiealueiden kaivantotöissä, VR, Ratayksikkö, Georyhmä 15.4.1993
- /11/ Tuettujen kaivantojen valvonta rautatiealueiden kaivantotöissä, VR, Ratayksikkö, Georyhmä 15.4.1993
- /12/ Ruiskubetoniohjeet BY 29, Suomen Betoniyhdistys ry 1993, 27 s.
- /13/ Betoninormit ja mitoitusaulukot RIL-131, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, Helsinki 1991
- /14/ Pohjarakennusohjeet RIL 121, Suomen Rakennusinsinöörien liitto, 1988, 92 s.
- /15/ Pohjarakenteet RIL-166, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, 1986, 597 s.
- /16/ Kalliotilojen rakennusohjeet RIL 169, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, 1987, 97 s.

- /17/ Korhonen, K.-H., Gardemeister, R., Jääskeläinen, H., Niini, H., Vähäsarja, P., 1974, Rakennusalan kallioluokitus, VTT, Geotekniikan laboratorio, Tiedonanto 12, Otaniemi, 78 s.
- /18/ Gardemeister, R., Johansson, S., Korhonen, P., Patrikainen, P., Tuisku, T., Vähäsarja, P., 1976, Rakennusgeologisen kallioluokituksen soveltaminen, VTT, Geotekniikan laboratorio, Tiedonanto 25, Espoo
- /19/ Tunneli- ja kalliorakennus I ja II, RIL 154-1 ja 154-2, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, Helsinki 1987
- /20/ Syrjänen, P., Maanalaisten tilojen kalliomekaanisen suunnittelun perusteet, Opetusmoniste TKK-KAL B10, Otaniemi 1993
- /21/ Hoek, E., Kaiser, P.K., Bawden, W.F., Support of Underground Excavations in Hard Rock, A.A.Balkema, Rotterdam, 1995
- /22/ Vuolio, R., Räjätystyöt, Suomen Maanrakentajien keskusliitto, Forssa, 1991
- /23/ Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, osat SYL 1 - SYL 7, Tielaitos
- /24/ Rakennusalan yleiset sopimusehdot YSE 1998

RATAHALLINTOKESKUS
KAIVOKATU 6, PL 185
00101 HELSINKI

TEKNINEN YKSIKKÖ

Lisätietoja: Tekninen yksikkö, puh. (09) 5840 5192, sähköposti: sinikka.kiikka@rhk.fi
Jakelu: VR Kirjapaino, puh. (019) 456 4874, faksi (019) 456 4826

ISBN 952-445-009-7
ISSN1456-1220